QK1
.A673

Revista del Museo de Historia Natural

# ARNALDOA

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO



ISSN : 1815-8242
TRUJILLO
REPÚBLICA DEL PERÚ

19(1)
Enero - Junio
2012

**ARNALDOA**
Volumen 19, Número 1
Enero - Junio 2012

ISSN 1815-8242

ARNALDOA es una publicación de la Universidad Privada Antenor Orrego de Trujillo, Perú, editada semestralmente por el Museo de Historia Natural. Es norma de la revista que los artículos que se publican sean juzgados previamente por árbitros que dictaminen sobre sus merecimientos.

ARNALDOA acepta manuscritos originales e inéditos en idioma español o inglés, que deben seguir los lineamientos establecidos en las Instrucciones a los Autores, que aparecen al final de cada volúmen. Se envía en canje con publicaciones similares en botánica, sistemática y evolución, ecología, diversidad biológica, o temas afines a la historia natural.

La Revista ARNALDOA se reserva todos los derechos legales de reproducción de su contenido.

ARNALDOA se encuentra indizada en LATINDEX (Sistema Regional de Información en Línea para Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal); SciELO (Scientific Electronic Library Online) y PERIODICA (Indice de Revistas Latinoamericanas en Ciencias), BHL (Biodiversity Heritage Library).

Las opiniones expresadas por los autores son de su exclusiva responsabilidad y no reflejan necesariamente los criterios del Comité Editorial de ARNALDOA

Toda correspondencia relacionada a la **Revista ARNALDOA** deberá ser dirigida a:

**Revista ARNALDOA**
**Museo de Historia Natural**
**Universidad Privada Antenor Orrego**
**Casilla Postal 1075**
**Trujillo - PERÚ Telef: (+051) 044 - 604462**
**museo@upao.edu.pe**

Carátula: Fotografía de *Arnaldoa weberbaueri* (Asteraceae)
Foto: M. O.Dillon ©
Diagramación e impresión: Inversiones Gráfica G y M SAC

Revista del Museo de Historia Natural

# ARNALDOA

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO

El Museo de Historia Natural, es la unidad que conserva, educa, investiga y difunde los conocimientos que generan sus colecciones científicas para impulsar la valoración y comprensión de la diversidad biológica y cultural de nuestro país, a favor del desarrollo de la comunidad.

MISSOURI BOTANICAL

FEB 10 2014

GARDEN LIBRARY

ISSN: 1815-8242
TRUJILLO
REPÚBLICA DEL PERÚ

**19(1)**
**Enero - Junio**
**2012**

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO

**Dr. Víctor Raúl Lozano Ibáñez**
Rector

**Dr. Luis Cerna Bazán**
Vicerrector Académico

**Dr. Julio Chang Lam**
Vicerrector de Investigación

**Impreso en Perú**
**Printed in Peru**
**Hecho el Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú: N° 2006-3879**
**Registro de la Propiedad Intelectual**
**© 2012 Universidad Privada Antenor Orrego**

**MUSEO DE HISTORIA NATURAL**

**Segundo Leiva González**
Director

**Luis Chang Chávez**
Arquitecto

**Mario Zapata Cruz**
Biólogo

**Guillermo Gayoso Bazán**
Arqueólogo

**REVISTA ARNALDOA**

**Segundo Leiva González**
Director

**Mario Zapata Cruz**
Editor

**Michael O. Dillon**
Editor Asociado

**Comité Editorial**

***Michael O. Dillon***
Department of Botany, The Field Museum, 1400 South Lake Shore Drive, Chicago, IL. 60605-2496, U.S.A. *dillon@fieldmuseum.org*

***Jorge V. Crisci***
Museo de La Plata, 1900 La Plata, Provincia de Buenos Aires, ARGENTINA. *jcrisci@netverk.com.ar*

***Gabriel Bernardello***
Instituto Multidisciplinario de Biología Vegetal, (CONICET-Universidad Nacional de Córdoba), Av. Vélez Sarsfield 299 Córdoba (5000), ARGENTINA. *bernarde@imbiv.unc.edu.ar*

***Francisco Squeo***
Departamento de Biología, Universidad de La Serena, casilla 599, La Serena, CHILE. *fsqueo@userena.cl*

***Inge Schjellerup***
Nationalmuseet, Forsknings-& Formidlingsafdelingen, Etnografisk Samling, Frederiksholms Kanal 12 DK 1220 Copenhagen K, DENMARK. *inge.schjellerup@natmus.dk*

***Lars P. Kvist***
Institute of Biological Sciences, University of Aarhus. Building 340. Munkegade, DK-8000, Aarhus C., DENMARK, *lars.kvist@biology.au.dk*

***Thomas Mione***
Department of Biological Sciences, Central Connecticut State University, 1615 Stanley Street, New Britain, CT 06050-4010, U.S.A. mionet@ccsu.edu

***Blanca León***
Plant Resources Center, University of Texas at Austin, 1 University Station F0404, Austin, TX 78712-0471, U.S.A. *blanca.leon@mail.utexas.edu*

***Alina Freire Fierro***
Missouri Botanical Garden, P.O. Box 299, St. Louis, Missouri 63166, U.S.A. *alina.freire@mobot.org*

***Susana Arrázola Rivero***
Centro de Diversidad y Genética, Facultad de Ciencias y Tecnología, Universidad Mayor de San Simón, casilla de correo 538, Cochabamba, BOLIVIA. *sarrazola@fcyt.umss.edu.bo*
***Maximilian Weigend***
Institut für Biologie Systematische Botanik und Pflanzengeographie, Freie Universität Berlin, 14195, Berlin-GERMANY. *weigend@zedat.fu-berlin.de*
***Anton Hofreiter***
Ludwig-Maximilians-Universität, Department Biologie I, Bereich Biodiversitätsforschung, Abteilung Systematische Botanik, Menzingerstraße 67, D-80638 München, GERMANY.
*hofreiter@freenet.de*
***Sandra Knapp***
Department of Botany, The Natural History Museum, Cromwell Road, London, SW7 5BD,UK.
*s.knapp@nhm.ac.uk*
***Reynaldo Linares Palomino***
Department of Systematic Botany, Albrecht-von-Haller-Institute for Plant Sciences, University of Göttingen, Untere Karspüle 2, 37073-Göttingen, GERMANY.
***Eric Rodríguez Rodríguez***
Herbarium Truxillense (HUT), Universidad Nacional de Trujillo, Jr. San Martín 392, Trujillo, PERÚ, *efrr@unitru.edu.pe*
***Pedro Lezama Asencio***
Departamento Académico de Ciencias, Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo, PERÚ.
*lezama_a@hotmail.com*
***Pablo Chuna Mogollón***
Departamento Académico de Ciencias, Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo, PERÚ.
*pchunam@upao.edu.pe*
***Jorge Vidal Fernández***
Departamento Académico de Ciencias, Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo, PERÚ.
*jvidalf@upao.edu.pe*
***José González Cabeza***
Departamento de Ciencias, Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo, PERÚ.
*gonzalezbiotec@hotmail.com*
***Víctor Quipuscoa Silvestre***
Herbario HUSA, Universidad Nacional de San Agustín, Av. Daniel A. Carrión s/n, La PampillaArequipa, PERÚ. *vquipuscoas@hotmail.com*
***Hamilton Beltrán Santiago***
Museo de Historia Natural Javier Prado, Av. Arenales 1256, Jesús María, Lima, Apartado 14-0434, Lima 14, PERU. *wilmersantiago@hotmail.com*
***Mario Benavente Palacios***
Museo de Historia Natural Javier Prado, Av. Arenales 1256, Jesús María, Lima, Apartado 14-0434, Lima 14, PERÚ. *mjbenaventep@yahoo.com*
***Eloy López Medina***
Departamento de Fisiologìa Vegetal, Universidad Nacional de Trujillo, Jr. San Martín 392, Trujillo, PERÚ, *elm@unitru.edu.pe*

Revista del Museo de Historia Natural
# ARNALDOA
UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO
Volumen 19(1) Enero - Junio, 2012

## Contenido / Contents

**Pág.** **ARTÍCULOS ORIGINALES**

07 Comunidades algales y estrategias de *Tetraselmis contracta* (Prasinophyceae) en humedales costeros del norte y centro del territorio peruano / *Algal communities and strategies of Tetraselmis contracta (Prasinophyceae) from north and central coastal wetlands at Peruvian land*
*HAYDEE MONTOYA T., CECILIA BARBERENA L., JOSÉ GÓMEZ C. & MAURO MARIANO A.*

23 *Axinaea ninakurorum* (Melastomataceae) – a new species form the northern Peruvian Merianeae hotspot / *Axinaea ninakurorum (Melastomataceae) – una nueva especie del hotspot de Merianeae norperuano.*
*RAINER W. BUSSMANN & NAREL Y. PANIAGUA Z.*

29 Relación del movimiento nástico foliar con la anatomía vegetativa de *Phyllanthus niruri* (phyllanthaceae) / *Relation to nastic foliar movement with vegetative anatomy in Phyllanthus niruri (Phyllanthaceae)*
*MIRIAM HADID, ADRIANA PÉREZ, NILDA DOTTORI & MARÍA TERESA COSA*

37 *Nuevas adiciones a la flora del Perú, VI / New additions to the flora of Peru, VI*
*ELIANA LINARES PEREA, JOSÉ CAMPOS DE LA CRUZ & ANTONIO GALÁN DE MERA*

47 Estructura y florística en cuatro tipos de bosque estacionalmente seco de Tumbes, Perú / *Structure and floristic in four types of seasonally dry forest of Tumbes, Peru*
*REYNALDO LINARES-PALOMINO, LENNY GARCÍA-NARANJO, EDUARDO CORTEZ, JANO DE RUTTE, MARISELA DEL CARMEN MONZÓN-RAMOS & GERALD PINEDO-ALONSO*

57 Palynological morphology of Valerianaceae and Nymphaeaceae in Jordan / *Morfología palinológica de las Valerianaceae y Nymphaceae en Jordania*
*SALEH A. AL-QURAN*

65 Variación del contenido de peroxidasas solubles en plantas de *Medicago sativa* L. "alfalfa" sometidas a diferentes concentraciones de plomo /*Variation of the content of soluble peroxidases in Medicago sativa L. "alfalfa" subjected to different concentrations of lead*
*IRENE CONSUELO JULCA CHÁVEZ, JOSÉ LUIS CASTILLO ZAVALA, JORGE ELÍAS CASTRO SILUPÚ, MERCEDES ELIZABETH CHAMAN MEDINA*

73 Catálogo morfológico de otolitos (sagitta) de peces marinos comerciales, Trujillo – Perú /*Morphological Catalog of otoliths (sagitta) of commercial marine fish, Trujillo - Peru*
*ALINA ZAFRA TRELLES, MOISÉS DÍAZ BARBOZA & FÉLIX DÁVILA GIL*

105 El comportamiento de las abejas *Apis mellifera /The behavior of bees Apis mellifera*
*ROBERTO RODRÍGUEZ RODRÍGUEZ*

125 Obituario: Dr. Abundio Sagástegui Alva (1932 - 2012)
*ISIDORO SANCHEZ VEGA, ERIC F. RODRIGUEZ RODRIGUEZ & MARIO ZAPATA CRUZ*

*Arnaldoa* 19(1): 07 - 21, 2012 ISSN: 1815 - 8242

# Comunidades algales y estrategias de *Tetraselmis contracta* (Prasinophyceae) en humedales costeros del norte y centro del territorio peruano

# Algal communities and strategies of *Tetraselmis contracta* (Prasinophyceae) from north and central coastal wetlands at Peruvian land

***Haydee Montoya T., Cecilia Barberena L., José Gómez C. & Mauro Mariano A.***
Laboratorio de Simbiosis Vegetal. Museo de Historia Natural. UNMSM.
Av. Arenales 1256. Apartado 14-0434. Lima 14. PERU.*haydmon@yahoo.com*

## Resumen

La costa desértica del territorio Peruano posee humedales peculiares como lagunas superficiales, las que evaluadas de norte a sur fueron: Las Salinas de Chimbote, Villa Maria, Las Salinas de Huacho, Ventanilla, Villa y Puerto Viejo. Colecciones algales estándar con registros de parámetros físico- químicos (pH, salinidad: NaCl, temperatura, fosfatos y nitratos) de las lagunas fueron realizados irregularmente entre 1985 y 2006. El aislamiento y cultivo unialgal de la prasinofita *Tetraselmis contracta* así como la velocidad de crecimiento fue realizado en medio ASP6 enriquecido. Las lagunas evaluadas están expuestas a un régimen hídrico anual fluctuante durante los periodos de inundación y desecación llegando a formar costras salinas. El rango de pH estuvo entre 6.5 y 10.5 y la temperatura entre 17 y 39ºC. La estructura de las comunidades fitoplanctónicas estuvo representada por *T. contracta* asociada con *Aphanothece halophytica, Prorocentrum cassubicum, Oscillatoria tenuis, Spirulina subsalsa, Dunaliella viridis, Chlorella sp.* y diatomeas halófilas. La plasticidad fenotípica de *Tetraselmis contracta* esta relacionada con sus adaptaciones estratégicas durante la alternancia de generaciones del ciclo de vida con fases planctónica y bentónica. La distribución de *T. contracta* exhibió un rango de tolerancia con gradiente polieurihalina (5-155 ppm) que aunada a sus estrategias de sobrevivencia (estados de resistencia) en condiciones inestables ha permitido su colonización exitosa en las lagunas costeras.
**Palabras clave**: Tetraflagelado, estado de resistencia, germinación, plasticidad, quiste.

## Abstract

The desert coastal of Peruvian land has peculiar wetlands such as the evaluated shallow lagoons which are from north to south as follows: Las Salinas de Chimbote, Villa Maria, Las Salinas de Huacho, Ventanilla, Villa and Puerto Viejo. Standard algal collection with the physical - chemical parameters (pH, salinity: NaCl, temperature, phosphate, nitrate) of the lagoons were registered irregularly between 1985-2006. The isolation and unialgal culture of the prasinophyte *Tetraselmis contracta* as well as its growth rate were obtained with the enriched ASP6 medium. Evaluated lagoons were related to the fluctuating hydric regime during the flooding and desiccation periods with saline crust formation. The pH range was between 6.5 and 10.5 and, the temperature from 17 to 39°C. Planktic community structure with *T. contracta* was asociated with *Aphanothece halophytica, Prorocentrum cassubicum, Oscillatoria tenuis, Spirulina subsalsa, Dunaliella viridis, Chlorella sp.* and halophilic diatoms. *T. contracta* phenotypic plasticity is showed through its adaptive strategies, which have evolved an alternation of generations, between planktic and benthic phases of its life cycle. *T. contracta* distribution according to salinity tolerance range showed its poly-euryhaline gradient (5-155 ppt), and its strategies to survive under unstable conditions to support the success colonization at the coastal wetlands.
**key words**: Tetraflagellate, resting stages, germination, plasticity, cyst.

## Introducción

En Sudamérica, la costa desértica del Pacífico Peruano posee lagunas tropicales similares a las distribuidas en otras regiones áridas del mundo. Estos ecosistemas acuáticos talasohalinos y atalasohalinos constituyen corredores biológicos siendo habitados por

aves locales y migratorias. En la costa Peruana, lagunas como las de Chilca y Huacho en el Departamento de Lima y las de Caucato y Otuma en el departamento de Ica tienen semejanza con lagunas salinas del mundo donde predominan *Artemia sp.* según Sorgeloos (1980).

Las comunidades fitoplanctónicas dominan los ecosistemas pelágicos que constituyen el 70% del área superficial mundial (Reynolds, 2006). Las microalgas están consideradas como los productores más prolíficos de la biomasa vegetal con eficientes sistemas fotosintéticos, siendo responsables de mas de la mitad de la producción primaria total mundial (Andersen, 1998; Wetzel, 2001). Ellas colonizan una variedad de ecosistemas acuáticos, terrestres y aéreos siendo su éxito relacionado con la diversidad de roles funcionales en la biosfera. En nuestro país tenemos datos referenciales de especies algales y las condiciones físico-químicas de las aguas de estos ecosistemas acuáticos reportados por Acleto (1966), Maldonado (1943), Chacón (1980), Montoya & Golubic (1991) y Montoya (2009).

Las Prasinophyceae constituyen un grupo de microalgas peculiares que reflejan su diversificación evolutiva (Norris, 1980; Sym & Peinar, 1993; Graham & Wilcox, 2000). Las prasinofitas unicelulares son consideradas ancestros de las algas verdes y de las embriofitas (Viridiplantae) poseen una considerable heterogeneidad morfológica, ultraestructural y bioquímica que avala a las prasinofitas como grupo parafilético con estados de enquistamiento, aunque el proceso de formación de quistes y su germinación es poco conocida con excepción de lo registrado para los géneros *Platymonas* y *Prasinocladus* (Kobara & Hori 1975; Cavalier-Smith 1981; Fawley *et al.*, 2000). *Tetraselmis* Stein (Prasinophyceae, Tetraselmidaceae) constituye un fitoflagelado ancestral muy utilizado en el campo de la acuicultura por los requerimientos nutricionales siendo fuente de ácidos grasos esenciales y aminoácidos para los invertebrados como rotíferos y estadios larvales de crustáceos, moluscos, y peces por lo cual es producida en cultivos en masa. Especies como *T. suecica* (Kylin) Butcher y *T. chui* Butcher han sido criopreservadas con altos niveles de viabilidad para su empleo en acuacultura constituyendo fuente de alimento microalgal vivo y seco como partículas microencapsuladas (Helm & Laing 1981, Day & Fenwick 1993). Los objetivos de la presente investigación fueron evaluar la colonización de *Tetraselmis contracta* (N. Carter) Butcher en diferentes lagunas costeras, relacionar su distribución con la calidad de las aguas que tipifica así como identificar los estadíos de su ciclo de vida en la naturaleza y en cultivo relacionados con su distribución en los humedales costeros.

## Materiales y métodos

Los humedales costeros del Departamento de Lima como las lagunas de Puerto Viejo, Villa, Ventanilla y Las Salinas de Huacho y los del Departamento de Ancash como la laguna Las Salinas y la laguna de Villa Maria en Chimbote fueron evaluados. Colecciones algales estándar de comunidades fitoplanctónicas (Aqua-Net 15 um) y bentónicas así como el registro de los parámetros físico - químicos (pH, salinidad, temperatura, fosfato, nitratos) fueron registrados irregularmente entre 1985 y el 2006. Submuestras de las diferentes comunidades fueron fijadas y preservadas en formalina al 5% y lugol. La salinidad fue registrada utilizando un salinómetro Amercan Optical T/C (NaCl). El pH fue determinado mediante indicadores neutralit y alcalit. Los fosfatos (iones ortofosfato) fueron medidos como mg L-1 mediante cintas analíticas (Merck) y los nitratos fueron detectados por el test para nitratos de La Motte (model NCR) en mg L-1.

El aislamiento y cultivo unialgal de la cepa de *T. contracta* de Las Salinas de Huacho fue obtenida en medio ASP6 enriquecido con glutamato de sodio (Provasoli *et al.*, 1957; Lewin & Lee 1985). Los cultivos fueron mantenidos a una temperatura de 21°C y un régimen de fotoperiodo de 16/8. La identificación de la morfoespecie así como de las microfotografías secuenciales de los estados vegetativos y reproductivos de las diferentes cepas fueron realizados según bibliografía especializada (Butcher, 1959; Norris et al., 1980; Hori *et al.*, 1982;

Sym & Peinar (1993). El crecimiento algal y el

tiempo de generación fueron estimados de la densidad celular en función del tiempo, lo cual se obtuvo por conteo celular (células por mililitro) con 3 réplicas mediante un hematocitómetro. La velocidad de crecimiento fue expresado en divisiones por día k= $[3.322/ (t_2 - t_1)] (\log N_2 / N_1)$ y el tiempo de generación Td (h/div.) fue calculado a partir de k. (Guillard, 1973, 1975; Woods *et al.*, 2005).

La distribución algal de acuerdo a la tolerancia a la salinidad fue establecida según el Sistema de Venice (Sil 1959) en adición a la clasificación de Golubic (1980) y Albrecht (1984).

## Resultados

### *I. Área de Estudio y Comunidades Algales*

En el litoral costero occidental de Sudamérica se extiende el desierto tropical que es interrumpido por las lagunas costeras, ríos que descienden por las estribaciones de la Cordillera de los Andes Occidentales, así como algunos manantiales o puquiales. La lagunas evaluadas están expuestas a un régimen hidrológico anual con periodos de inundación en otoño (mayo, junio) hasta primavera (fines de octubre o comienzos de noviembre) y periodos de sequia (fines de primavera, verano e inicios de otoño). Las lagunas de norte a sur son:

**Laguna Las Salinas de Chimbote**, ubicada en el Departamento de Ancash entre las coordenadas de 9°20' LS y 78°26' LO, aproximadamente a 33 km al sur de la ciudad de Chimbote. Esta laguna corresponde a un ecosistema talasohalino con aguas provenientes de la filtración de aguas marinas de la Playa Salinas localizada aproximadamente a 300 m. La salinidad de sus aguas oscila entre los 35 ppm (lado sur-este) hasta la saturación (lado norte) por lo cual se le considera en la categoría de mesohalina (35 – 50 ppm) e hipersalina (>50 ppm) según Hammer *et al.* (1983). El rango de pH estuvo entre 6.5 y 9 y la temperatura osciló entre los 18 y 33°C en otoño.

Las floraciones de *T. contracta* se presentaron como películas planctónicas verdosas o verde parduscas en orillas de la laguna y en pozas aledañas, con rango de salinidad entre los 95 y 110 ppm y el rango de pH entre 8.5 y 9 en otoño (fines de marzo e inicios de mayo). Las floraciones mixtas con *T. contracta* estuvieron asociadas principalmente con las cianobacterias *Aphanothece halophytica, Pleurocapsa entophysaloides* y diatomeas halófilas.

***Laguna Villa Maria***, localizada en el Departamento de Ancash, provincia del Santa, al sur de la ciudad de Chimbote, entre las coordenadas de 9°06' LS y 78°32' LO, a la altura del 421 km de la Panamericana Norte y próxima al cauce del rio Lacramarca. Esta laguna y los cuerpos de agua aledaños (acequias, pozas, charcas) son formados por las aguas de filtración del subsuelo proveniente del rio Lacramarca y las aguas de irrigación de campos de cultivos aledaños (Tangay, Los Álamos). Las aguas registraron un rango de salinidad entre 10 y 250 (290) ppm y el pH osciló entre 6 y 8. (Fig.1).

Las floraciones planctónicas de *T. contracta* forman masas verdosas, verde amarillentas o verde parduscas o diseminadas se presentaron en hábitats con salinidades entre 18 a 60 ppm y rango de pH entre 6.5 y 8. Las floraciones de *T. contracta* dominaron en zonas de la laguna, charcas y pozas con materia orgánica provenientes de restos de la cosecha de macrófitas como el totoral y excrementos de aves formando natas verde parduscas espumosas flotantes, algunas de las cuales forman bandas en las orillas por efecto del viento. *T. contracta* se presentó asociada con *Euglena gracilis, Prorocentrum cassubicum, Oscillatoria tenuis, O. princeps, Spirulina subsalsa* y diatomeas.

***Laguna Las Salinas de Huacho,*** ubicada en Departamento de Lima entre las coordenadas de 11°10' LS y 77°30' LO, aproximadamente a 110 km al norte de la ciudad de Lima. Este humedal talasohalino comprende lagunas en su mayoría superficiales y permanentes, pozas, charcas con aguas provenientes de la filtración de aguas marinas. Las frecuentes fluctuaciones en el nivel de agua se evidencia en el rango de profundidad que oscila entre 0.5 y 2.5 m. En verano se reduce drásticamente el nivel de la columna de agua formándose pozas y charcas en el litoral lagunar y llegando la mayoría de las orillas a la desecación

**Fig. 1.** Vista panorámica de la laguna Villa Maria en el desierto costero del Departamento de Ancash; **Fig. 2.** Orilla de laguna Las Salinas del Huacho con costras salinas y floraciones de la microalga *Tetraselmis contracta* en verano; **Fig. 3.** Vista próxima de poza de laguna Grande de Puerto Viejo con natas flotantes pardo amarillentas desprendidas del lecho lagunar (previamente desecado) conteniendo estadios de resistencia de *T. contracta*.

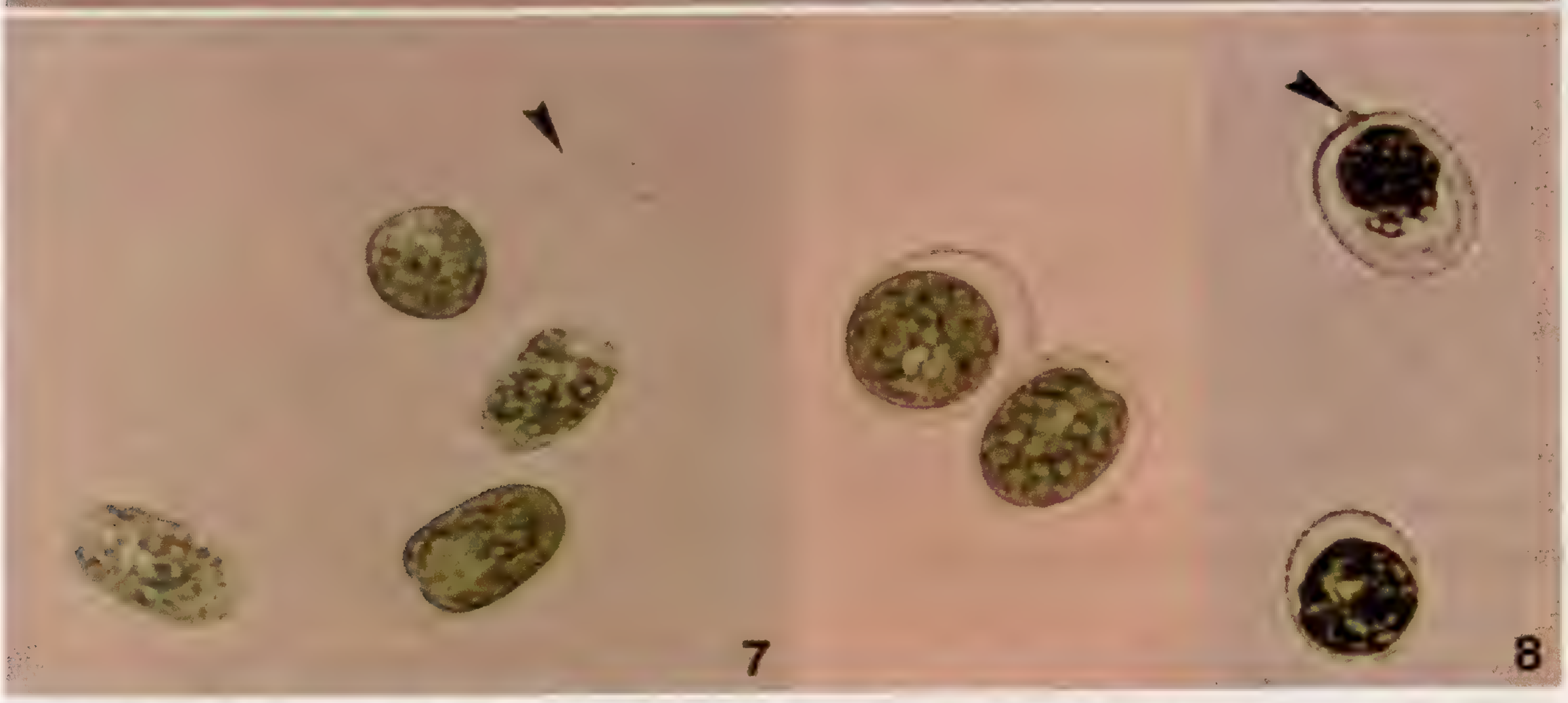



**Fig. 4.** Células tetraflageladas de *T. contracta*; **Fig. 5.** Célula libre redondeada (parte superior) con par de células recientemente divididas dentro de teca parental. Parte inferior con formación de dos pares de células hijas distribuidas en forma invertida dentro de cada teca parental; **Fig. 6.** Células hijas en pares (3) rodeadas de teca parental, la del centro con células hijas orientadas en la misma dirección y depresión apical conspicua. Parte superior derecha con célula libre; **Fig. 7.** Células libres aflageladas y resto de pared celular (flecha); **Fig. 8.** Formación de las células latentes con contenido celular gradualmente contraído y teca parental ornamentada. Célula con proyección papilar apical (flecha). Escala en Fig.5 valida para Figs. 4, 6 - 8.

parcial o total. La salinidad estuvo entre 80 y 280 ppm alcanzando la saturación con formación de costras salinas, el pH osciló éntre 6.5 y 8 y la temperatura entre 18 y 36°C (Fig. 2).

Las floraciones de *T. contracta* formando películas superficiales delgadas o densas colonizaron hábitats con salinidades entre los 88 y 155 ppm y rango de pH entre 6.5 y 8. Floraciones mixtas dominadas por *T. contracta* coexistieron con las halófitas *Dunaliella viridis, Oscillatoria tenuis, Aphanothece halophytica* y diatomeas. Las floraciones densas en verano (febrero) a orillas de la laguna y pozas con fertilización orgánica natural (excremento de aves) se presentaron con una gradiente de salinidad entre los 100 y 145 ppm (Fig. 2). La sucesión algal con decadencia de las floraciones de *T. contracta* fue evidenciada por poblaciones verde pálidas dispuestas en franjas espumosas al haber sido acarreadas a las orillas por el viento, en hábitats con salinidades oscilando entre 145 y 155 ppm en otoño (fines de marzo) y rango de temperatura entre 22 y 34° C.

***Laguna Ventanilla,*** localizada al norte de la ciudad de Lima, a la altura del km 12 de la carretera a la ciudad de Ventanilla entre las coordenadas de 11° 52' LS y 77°08' LO. Este ecosistema lagunar comprende lagunas de aguas dulces, salobres y salinas. La laguna talasohalina del lado sur (en relación al desvío que conduce a la Playa Ventanilla) presento salinidades entre los 6 y 150 ppm alcanzando la saturación (NaCl) con formación de costras salinas. El rango de pH osciló entre 7 y 8.7.

Las floraciones de *T. contracta* en las laguna de Ventanilla hipersalina formaron masas planctónicas densas, verde amarillentas, en gradiente de salinidad entre 65 y 70 ppm y rango de pH entre 8 y 8.5.

***Laguna Villa,*** localizada en el Departamento de Lima entre las coordenadas de 12°12′ LS y 76°59′ LO. El sistema hídrico se origina principalmente por las aguas freáticas provenientes de las filtraciones del rio Surco que constituye un ramal del rio Rímac y filtraciones de agua marina. Este ecosistema lagunar comprende lagunas superficiales donde la salinidad osciló éntre los 0 y 194 ppm y el rango de pH estuvo entre 6.8 y 9.5 (10).

Las floraciones de *T. contracta* formaron masas suspendidas verde amarillentas o pardo amarillentas. En pozas permanentes (Hípico), la prasinofita se presentó asociada con *Chlorella sp.* y diatomeas en hábitats con rango de salinidades entre 38 y 54 ppm. Floracioners mixtas también colonizaron hábitats hipersalinos (100 – 122 ppm) con rango de pH entre 8.6 y 10. Poblaciones de *T. contracta* coexistieron con *Aphanothece stagnina y Oscillatoria formosa* en pozas con gradiente de salinidad entre 130 y 142 ppm y pH de 9.5.

***Lagunas de Puerto Viejo,*** localizadas en el Departamento de Lima, entre las coordenadas de 12° 33' – 12° 34' LS y 76°41′ - 76°42' LO, aproximadamente entre el km 70 y 73 de la Panamericana, al sur de la ciudad de Lima. Este ecosistema comprende lagunas atalásicas superficiales (laguna Grande) con un sistema hidrológico proveniente de la percolación de las aguas subterráneas (acuíferos) de las cuencas de los ríos Chilca y Mala así como de los canales de irrigación de San Andrés (Valle de Mala) principalmente en otoño e invierno. La etapa de inundación es seguida por un periodo prolongado de evaporación con desecación de algunos cuerpos de agua a fines de verano, inicios del otoño y fines de primavera. El rango de salinidad estuvo entre 0 y 90 ppm, el pH oscilo entre 6.5 y 8.5 (10.5) y la temperatura estuvo entre 17 y 39°C. La concentración de fosfatos registrada alcanzó hasta los 50 $mg.L^{-1}$ y la de nitratos hasta 0,88 $mg.L^{-1}$ (Fig.3).

Las floraciones de *T. contracta* formaron películas superficiales densas, verde amarillentas y espumosas, en hábitats con salinidades entre 5¬ y 90 ppm, rango de pH entre 6.5 y 10.5, rango de temperatura entre 17 y 39°C, concentraciones de fosfatos hasta 10 $mg.L^{-1}$ y de nitratos hasta 0,88 $mg.L^{-1}$. Las poblaciones naturales fueron favorecidas por altas temperaturas (verano, otoño y primavera) así como por la fertilización orgánica natural (heces de aves, ganado). *T. contracta* estuvo asociada principalmente con *Prorocentrum cassubicum, Euglena gracilis, Dunaliella viridis y Campylodiscus sp.* entre otras diatomeas.

## *II. Área de Estudio y Comunidades Algales*

*T. contracta* es una prasinofita unicelular planctónica con células vegetativas libres, tetraflageladas, ovoides, elipsoidales u ovoide elongadas. Parte anterior con 4 lóbulos redondeados y una depresión apical en forma de "v" que alcanza de 2.7 a 4.3 µm de longitud y por donde emergen los flagelos. El extremo anterior desarrolla una proyección en forma de papila en algunos casos, que corresponde a la evaginación de la depresión apical. Vista apical ovoide, ligeramente comprimida con extremos laterales redondeados y donde se distribuyen los flagelos simétricamente en pares. Células asimétricas en vista lateral, exhibiendo forma ovoide con un borde lateral casi recto y extremo posterior gradualmente atenuado, agudo o redondeado y ligeramente curvado. Esta característica se atribuye a la mutua compresión celular durante la formación de las células hijas en el interior de la célula parental. Teca o pared celular rígida, ornamentada, incolora o amarilla pálida. Cloroplasto laminar parietal en forma de copa, profundamente curvado y ligeramente tetralobulado en su parte anterior, verde brillante o verde amarillento. El cloroplasto se presenta uniforme en células vegetativas jóvenes llegando a ser granulado en células adultas o viejas por acumulación de las sustancias de reserva. Pirenoide prominente, hemisférico o reniforme, de posición basal, central o subcentral, generalmente posterior en células jóvenes recién emergentes (germinación), alcanzando hasta 5.4 um de diámetro. Estigma localizado en la zona central o ligeramente anterior, de forma redondeada o lenticular, anaranjado o rojo brillante, de 1.5 a 2 µm de diámetro. Reproducción frecuente por fisión. Las dimensiones celulares alcanzaron de (4.3) 7.5 – 19.3 µm de diámetro, de (7) 8.6 – 25.7 µm de longitud y de 8.6 -12 µm de espesor. La longitud flagelar estuvo entre 14 y 21.4 µm, que constituye aproximadamente las ¾ partes de la longitud celular. (Figs. 4-5).

## *III. Crecimiento y estrategias del ciclo de vida*

El crecimiento algal y las estrategias reproductivas de las fases planctónica y bentónica en poblaciones naturales de *T. contracta* complementadas con los cultivos unialgales permite establecer el desarrollo del ciclo de vida con alternancia de generaciones. Esta microalga se reproduce principalmente en forma asexual, donde una célula origina dos células hijas aparentemente idénticas, las dos células hijas a su vez forman 4 células y así en forma sucesiva se produce el crecimiento y proliferación de la población microalgal. La cepa de *T. contracta* de las Salinas de Huacho con células libres en la naturaleza o en la fase exponencial, se reproduce por fisión. Las células retienen sus flagelos cuando la fisión ha empezado o llegan a ser inmóviles después de liberarlos. El plano de división longitudinal vertical u oblicuo fue inicialmente reconocido por la incisión anterior que se profundiza hasta alcanzar el extremo posterior de la célula. El estigma se duplica simultáneamente. Las células hijas con los flagelos formados pueden rotar en el interior de la teca parental, ellas pueden estar en posición invertida en relación una con otra y en algunas excepciones permanecer en la misma dirección hasta su liberación (Figs. 5 -7, 17a).

La velocidad de crecimiento de la cepa de Las Salinas de Huacho fue de 0.97 divisiones por día y el tiempo de generación fue de 24.7 h div-1.

### *Formación de células latentes y reactivación*

En poblaciones naturales, los estados de latencia se formaron a partir de las células vegetativas como parte del ciclo de vida. Las células latentes constituyen células vegetativas aflageladas, ovoides o redondeadas, de (11.7) 12.5 a 17.5 (24.6) µm de diámetro. Ellas presentan una pared celular gruesa, ornamentada, incolora, amarilla pálida o pardo clara. El contenido celular de las células latentes se contrae y adquiere gradualmente forma redondeada en diferentes grados según su desarrollo. Contenido celular granulado, denso, ligeramente pardusco o verde parduzco. En algunos casos se forma una pared adicional alrededor del contenido celular contraído. Algunas células latentes presentan una proyección como papila anterior ó depresión apical conspicua. Además otras células latentes pueden permanecer dentro de la teca parental expandida que alcanza forma redondeada u ovoide. Durante la etapa final de la fase exponencial e inicios de la estacionaria (aproximadamente 10 días de cultivo) se formaron células latentes inmóviles al liberar los

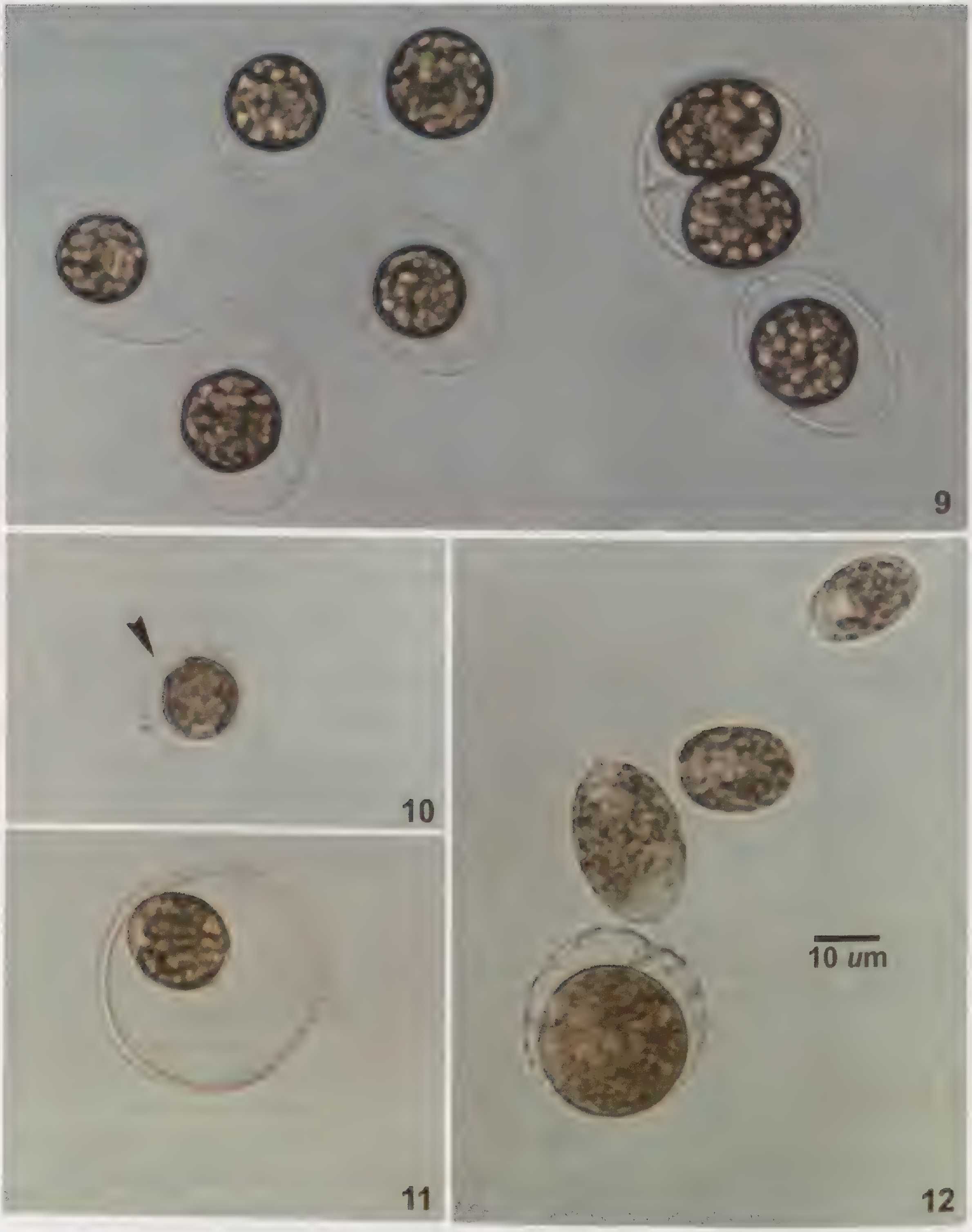
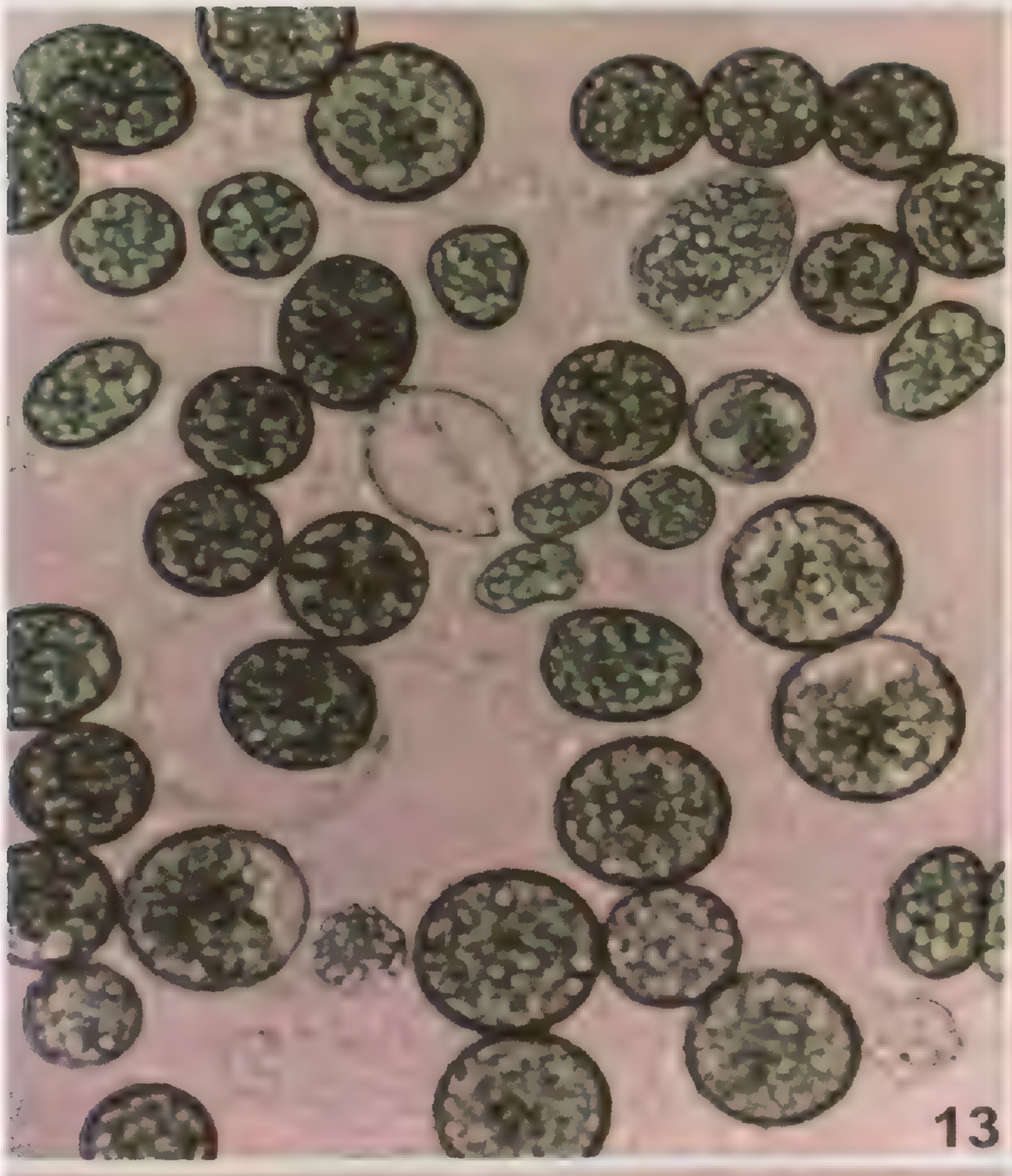



**Fig. 9.** Población de *T. contracta* con células en estado de latencia con diversos grados de desarrollo. La mayoría de origen unicelular exhibiendo la papila apical, con excepción de célula parental con dos células hijas que se diferencian en células latentes en el interior de las tecas. Contenido celular granulado por acumulación del material de reserva; **Fig. 10.** Célula latente con doble pared celular (flecha); **Fig. 11.** Célula latente con pared celular hinchada; Fig. 12. Células libres aflageladas (3) y célula latente redondeada (parte inferior). Escala en Fig.12 válida para Figs. 9 - 11.



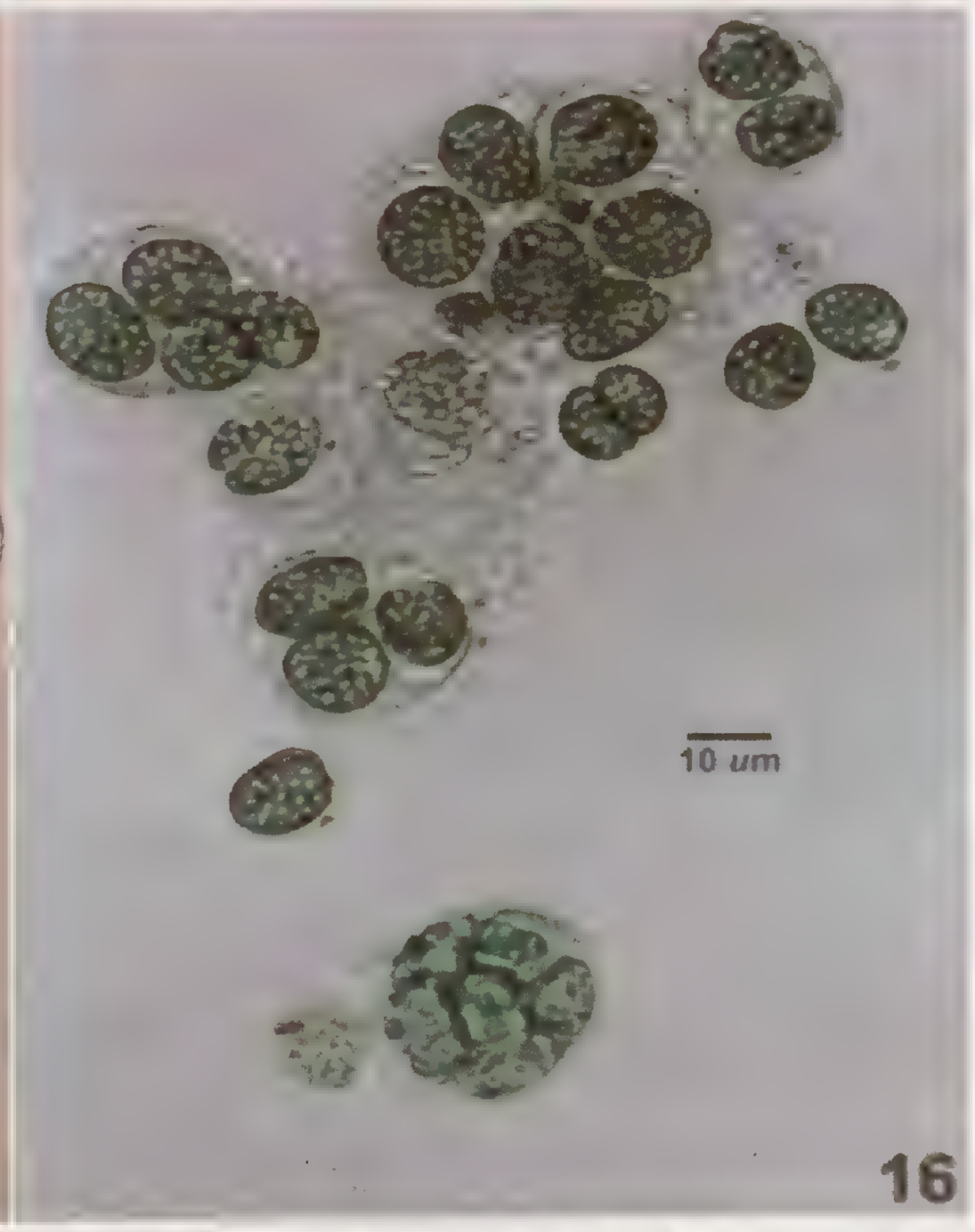



**Fig. 13.** Población de *T. contracta* con células latentes y su transición hacia la formación de quistes; **Fig. 14.** Quistes esféricos aislados y agregados en diversos grados de desarrollo; **Fig. 15.** Quistes aislados y germinación de quistes con liberación de células aisladas o de grupos celulares (hasta 8 células) dentro de una membrana (flecha en parte superior izquierda) provenientes de divisiones consecutivas del quiste; **Fig. 16.** Parte superior con formación de quistes compuestos y aislados a partir de células liberadas por germinación de quistes y desarrollo de pared quística ornamentada. Grupo celular rodeado de membrana celular liberado durante la germinación del quiste (parte inferior). Célula adyacente también germinada a partir de quiste aislado. Escala en Fig.14 válida para Fig. 13.

flagelos, quedando aisladas o en pares según su origen. Las células latentes en pares, de tamaños diferentes o semejantes fueron formados a partir de células hijas diferentes o semejantes en tamaño, dentro de la teca parental. La célula parental con células latentes hijas alcanzaron una longitud de 18.2 a 27 (32) µm.

En cultivos, la reactivación de las células latentes ocurrió con la adición de medio de cultivo fresco en dos modalidades: La primera, en la cual se produce una elongación celular dentro de la pared celular hasta alcanzar el tamaño normal de las células vegetativas, seguido por la regeneración de flagelos para su liberación. La segunda, incluye un patrón de división en la célula latente activada con la formación de dos células hijas flageladas. En ambas formas, las células activadas o recién formadas fueron liberadas dentro de una membrana envolvente (saco) después del rompimiento o desintegración de la pared celular de la célula latente inicial. Posteriormente, las células reactivadas y mótiles fueron liberadas de la membrana.(Figs. 8-13).

En la naturaleza, las células latentes, aisladas o en pares dentro de la teca parental también fueron reactivadas y liberadas como células motiles al inicio del periodo de inundación (otoño). Sin embargo, el estrés hídrico durante el periodo de sequia que acarrea el descenso del nivel de agua por evaporación a partir de la primavera (octubre) aunado a la fuerza del viento induce nuevamente la formación de células latentes que alcanzaron mayores dimensiones bajo condiciones de gradiente de salinidad entre 10 y 15 ppm y rango de pH entre 7.5 y 8.5. (Fig. 17b).

**Formación de quistes y germinación**

Los quistes constituyen células de resistencia formados en respuesta a condiciones desfavorables por lo cual la pared es resistente al medio circundante. La formación inicial del quiste fue reconocida por la contracción del contenido celular seguido por la formación y el engrosamiento de la pared quística. Algunos quistes pueden permanecer intracelularmente (dentro de la teca parental) durante su desarrollo mientras que otros llegan a aislarse cuando se desintegra la teca parental. La formación de quistes a partir de las células latentes fue observado en cultivos viejos (10-20 días) donde el incremento del tamaño del quiste con acumulación de material de reserva y el engrosamiento de la pared quística fue seguido de la ruptura de la teca parental. Los quistes en la naturaleza fueron formados de células latentes maduras bajo condiciones de salinidad entre 8 y 90 ppm y rango de pH entre 8 y10.5. (Figs. 13-16).

Se reconocieron quistes simples y compuestos. Los quistes simples son esféricos, ovoides o ligeramente compresos lateralmente, de contenido celular granular, verde oscuro, verde pardusco o pardo amarillento. Pared del quiste gruesa, ornamentada, parduzca pálida, pardo anaranjada o pardo dorada, con un espesor entre 0.75 y 1.3 µm. Los quistes simples alcanzaron de 8 a 19.3 (25) µm de diámetro y de 21.4 a 22.5 µm de longitud. Los quistes compuestos (2-8) fueron formados dentro de la teca parental después de una o varias divisiones celulares. Cada célula latente desarrollo una pared gruesa formando quistes (2-8) dentro de la teca parental. Posteriormente, la desintegración de la teca celular favoreció la liberación de los quistes compuestos (2). Algunos quistes permanecen dentro de la teca parental durante su desarrollo, otros se aíslan cuando la pared se desintegra.

Los quistes aislados pueden dividir su contenido produciendo dos células hijas y antes de ser liberadas de la teca parental desarrollan su propia pared transformándose posteriormente en quistes compuestos (2). Estos quistes ovoides elongados alcanzan de (9.6) 17 – 20.3 µm in diámetro y (16) 19.3- 26.8 µm de longitud. Los quistes compuestos (4), con 4 quistes internos ovoides o redondeados dentro de la teca parental formados por previas y sucesivas divisiones celulares, alcanzaron de 23.5 a 26.8 µm de diámetro y de 27.8 a 31 µm de longitud.

En cultivos, la germinación de quistes ocurrió después de 48 horas de adicionarle medio de cultivo, con la separación inicial del contenido celular del quiste de la pared quística. Esta célula reactivada y rodeada de una membrana hialina o amarilla pálida fue liberada a través de la ruptura de la pared quística. El proceso de germinación duró una semana hasta la liberación de

poblaciones naturales así como su activación y germinación *in situ* de quistes demostró su habilidad para sobrevivir periodos de estrés ambiental del desierto costero. Los estados de resistencia como parte del ciclo de vida constituyen poblaciones de refugio para la recolonización microalgal. El crecimiento de esta microalga con patrones distribucionales heterogéneos (plancton, bentos) ilustra su dinámica poblacional y estrategias reproductivas en condiciones de inestabilidad que alcanza estados de desecación. La tolerancia de la especie a la desecación fue reconocida *in situ* donde con los estadios bénticos latentes (quistes) en las costras salinas del litoral lacustre desecado o en lechos lagunares expuestos. Los quistes capacitados para resistir cambios extremos del medio circundante y con una velocidad metabólica reducida constituyen vectores significantes de transporte de la especie en áreas locales y regionales manteniendo el potencial (inóculo) para retornar y florecer en condiciones favorables lo que avala la distribución y perennización de la especie.

La comprensión de los estadios del ciclo de vida de *T. contracta* con el proceso de formación de quistes (enquistamiento), su activación y germinación con el re- establecimiento de las células vegetativas permitió conocer el origen de la formación de sus floraciones algales y la sobrevivencia de esta especie en las lagunas costeras. En las diferentes poblaciones evaluadas de *T. contracta* como las cepas de Puerto Viejo y Villa Maria se reconocieron células vegetativas libres, células latentes y quistes. La formación de células latentes iniciada con la reducción del recurso hídrico estacional aunado a la fuerza del viento constituye una inducción del estrés para la especie a fines de primavera que se extiende durante el verano e inicios de otoño. Los quistes como células de resistencia del bentos desecado (costras salinas) del lecho lagunar, pozas o charcas, fueron reactivados a comienzos del periodo de inundación estacional. La formación de estados de resistencia (enquistamiento masivo) de *T. contracta* contribuye en forma significante al decline de las floraciones planctónicas e incrementa su resistencia a la predación por herbívoros.

El enquistamiento en otros grupos algales planctónicos (crisofitas, dinoflagelados, clorofitas, diatomeas) es inducido por variables físico químicas y biológicas como la concentración de nutrientes, iluminación, temperatura y densidad celular (Agbeti & Smol, 1995). Van den Hoff & Burton (1989) reportaron los quistes de la prasinofita unicelular *Pyramimonas gelidicola* Mc Fadden en lagos salinos de Vestfold Hills (3.2 -133 ppm de salinidad) y en los sedimentos del lago Ace, Antártica indicando su importancia en las áreas de la paleolimnología y taxonomía. Los quistes asexuales de *T. contracta* se diferencian de los quistes de origen sexual en dinoflagelados y el registro fósil sugiere que un gran numero de dinoflagelados pueden producir quistes (Blackburn & Parker 2005). La presencia de quistes de *T. contracta* en etapa de desecación de las lagunas asegura la viabilidad de la especie en condiciones extremas sin embargo existe un vacío sobre los restos quísticos en sedimentos lacustres.

Norris *et al.* (1980) diagramaron en forma parcial la historia de vida de la especie prasinofita pedunculada *Tetraselmis. ascus.* Tanoue & Aruga (1975) y Hori (1994) describieron para *Tetraselmis sp.* (como *Platymonas*) la formación de células temporal no motiles y de quistes. Los quistes los obtuvieron en la fase de estacionaria (6 - 8 semanas) en cultivos continuos y el proceso de germinación (exquistamiento) con medio fresco produjo la liberación de solo 4 células hijas. La germinación de los quistes de *T. contracta* con la liberación de un mayor número de células vegetativas se relaciona con la presencia de quistes simples y compuestos en la naturaleza y en cultivo. La comprensión de los factores ambientales responsables del enquistamiento de *T. contracta* en las lagunas evaluadas nos permite concluir que después de las floraciones, los cambios físico químicos del medio acuático que están relacionados con el periodo gradual de desecación favorecieron el estrés osmótico y el incremento de pH que inducen la formación de quistes. Estos resultados fueron avalados por estudios de cultivo con la formación de quistes dentro de un rango de salinidad entre 13 y 47.5 ppm y pH entre 9 y 9.5 (Tanoue & Aruga, 1975). Los cultivos de *T. contracta* en etapa final la fase exponencial y los cultivos viejos

**Fig. 17.** Estadíos del ciclo de vida de poblaciones naturales de *T. contracta*: a. Células libres flageladas y aflageladas, las oscuras de mayor tamaño han sido teñidas con lugol. b. Formación gradual de células latentes con perdida de flagelos, contracción celular y transición hacia la formación de quistes. c. quistes aislados parduscos con pared celular engrosada y ornamentada. d. Germinación de quistes aislados con desintegración de la pared quística y gradual formación de flagelos.

(10 – 20 días) demostraron la formación de células latentes y posteriormente de los quistes.

La hidrodinámica en los humedales costeros, relacionada con diversos factores físico químicos acoplados a los intercambios en la columna de agua y dinámica de los flujos del seston, esta asociada con las floraciones del fitoplancton (Viner-Mozzini *et al.*, 2003, Oseguera *et al.*, 2010). Ellos son determinantes en la distribución de las especies algales que a su vez han desarrollado estrategias de aclimatación. En el caso de los fitoflagelados planctónicos como *T. contracta,* las unicélulas están expuestas a variaciones del espectro de radiación del fotoperiodo como resultado de los fenómenos de turbulencia (afloramiento estacionales, viento) frecuentes en lagunas costeras superficiales. La estructura de las comunidades algales evaluadas que forman natas o películas superficiales generalmente en verano puede relacionarse con la dinámica de respuestas de aclimatación a la intensidad luminosa, concentración iónica (pH) y salinidad, así como la carga de nutrientes en las lagunas costeras estimula la producción de biomasa algal. Las floraciones de *T. contracta* (cepa de P. Viejo) se presentan en diferentes periodos estacionales con un rango de salinidad entre 5 y 90 ppm y valores de pH entre 7.5 y 9.5 mientras que la cepa de Huacho florece en verano con rangos de salinidad mayores (100 y 145 ppm) y pH entre 6.5 y 8. Estas floraciones fueron estimuladas por la fertilización natural con materia orgánica como heces de aves, ganado, etc., así como el de macrófitas en descomposición como *Typha angustifolia, Schoenoplectus americanus, Bacopa monnieri, Ruppia maritima y Scirpus* sp. Por consiguiente, las variaciones ambientales y relaciones interespecíficas constituyen una presión evolutiva para optimizar la colonización algal como las floraciones mixtas de *T. contracta, D. viridis,* cianobacterias y diatomeas en humedales costeros.

## Literatura citada


**Acleto, C.** 1966. Algas de agua dulce de las cascadas de Barranco. Publ. Museo Historia Natural. Serie B. 21:1 – 65.

**Agbeti, M. D. & J. P. Smol.** 1995. Chrysophyte population and encystment patterns in two Canadian lakes. J. Phycol. 31:70-78.

**Aguilar, C. S.** 1998. Crecimiento e historia de vida de *Dunaliella* salina de las salinas de Los Chimus, Ancash y de Chilca, Lima, Perú. Anais do IV Congresso L

atino-Americano de Ficologia. Sociedad Ficológica da America Latina e Caribe. Brasil. 2: 309–324.

**Albrecht J.** 1984. Zur Autökologie ausgewählter Aufwuchsciliaten des WeserFluBsystems (Protozoa: Ciliophora). Decheniana 137: 132–167.

**Andersen, R.A.** 1998. Algal biodiversity, with remarks on the ecological and economic significance of algae. Anais do IV Congresso Latino–Americano de Ficologia. Sociedad Ficológica da America Latina e Caribe. Brasil. 1: 13-29.

**Barberena C. & H. Montoya.** 2009. Culture and life strategies of the microalga *Tetraselmis contracta* (N.Carter) Butcher at the central coastal lagoons in Lima, Peru. Verh. Internat. Verein. Limnol. Vol. 30. Part 8. 1293 - 1297 p. Stuttgart. Germany.

**Blackburn, S. & N. Parker**. 2005. Microalgal life cycles:excystment and excystment. *In* R.A. Andersen ed., Algal Culturing Techniques. 399 - 417 p. Phycological Society of America. Elsevier Academic Press.

**Ben-Amotz, A. & M. Avron.** 1983. Accumulation of metabolites by halotolerant algae and its industrial potential. Annual Review of Microbiology 37: 95–119.

**Borowitzka, L.** 1981. The microflora. Adaptation to life in extremely saline lakes. Hidrobiology 81:33-46.

**Butcher, R.** 1959. An introductory account of the smaller algae of British coastal waters. Part I. Introduction and Chlorophyceae. Fish. Investigations. London. 4: 1-74.

**Chacón, G. R.** 1980. *Chlorella peruviana* sp. nov. y su ambiente altamente alcalino. Bol. Soc.Peruana de Botánica. 8: 83-96.

**Cavalier-Smith, T.** 1981. The origin and early evolution of the eukaryotic cell. *In* Carlile, M. J., J.F. Collins & B.E. Moseley. eds. 33 - 84 p. Molecular and Cellular Aspects of Microbial Evolution. Cambridge University Press.

**Day, J.G. & C. Fenwick.** 1993. Cryopreservation of members of the genus *Tetraselmis* used in aquaculture. Aquaculture. 151-160.

**Fawley, M. W., Y.Yun & M. Qin.** 2000. Phylogenetic analyses of 18S rDNA sequences reveal a new coccoid lineage of the Prasinophyceae (Chlorophyta). J.Phycol. 36: 387-393.

**Golubic, S.** 1980. Halophily and halotolerance in cyanophytes. Origins of Life 10: 169- 183.

**Graham, L. E. & L. W. Wilcox.** 2000. Algae. Prentice Hall Inc. NJ. 397- 419p.

**Guillard, R.** 1973. Methods for microflagellates and nanoplankton, In J. R. Stein. ed. Handbook of Phycological Methods. Cultures methods and growth measurements. 69–58 p. Cambridge University Press.

**Guillard, R.** 1975. Culture of phytoplankton for feeding marine

invertebrates, *In* W.L. Smith & M.H. Chanley. eds. Culture Marine Invertebrate Animals. 29–60 p. Plenum Press.

**Hammer, U.T; J. Shamess & R.C. Haynes.** 1983. The distribution and abundance of algae in saline lakes of Saskatchewan, Canada. Hydrobiologia 105: 1–26.

**Helm, M. M & I. Laing.** 1981. Cost effective culture of marine unicellular algae. *In* Energy Conservation and use of renewable energies in the bio-industries. F. Vogt. ed. 247-259 p. Pergamon Press Oxford and New York.

**Hori, T., R.E. Norris & M. Chihara.** 1982. Studies on the ultrastructure and taxonomy of the genus *Tetraselmis* (Prasinophyceae) I. Subgenus *Tetraselmis*. Bot. Mag. Tokyo 95: 49 - 61.

**Hori, T.** 1994. An illustrated Atlas of life history of algae. Green Algae. Uchida Rokakuho Publ. Tokyo.

**Irianto, A. & B. Austin.** 2002. Probiotics in Aquaculture. J. of Fish Diseases 25:633-642.

**Javor, B.** 1989. Hypersaline Environments. Microbiology and Biochemistry. Springer– Verlag.

**Kobara, T. & T. Hori.** 1975. On the formation and germination of cyst in *Platymonas* and *Prasinocladus* (Prasinophyceae). Bull. Jap. Soc. Phycol. XXIII (3): 111-115.

**Lewin, R. & K. Lee.** 1985. Autotomy of algal flagella: electrón microscope studies of *Chlamydomonas*(Chlorophyceae) and *Tetraselmis* (Prasinophyceae). Phycologia 24:311–316.

**Maldonado, A.** 1943. Las lagunas de Boza, Chilca, Huacachina y los Gramadales de la Costa del Perú. Lima. Actas de Trabajo del 2do Congreso Peruano de Química. Lima.

**Mesbah, N.M. & J. Wiegel.** 2005. Halophilic thermophiles: a novel group of extremophiles. In Microbial Diversity: Current Perspectives and Potential Applications.T.Satyanarayana & B.N. Johri.eds. 91-118 p. I. K. International Pvt. Ltd. New Delhi.

**Montoya, H.T. & S. Golubic.** 1991. Morphological variability in natural populations of mat forming cyanobacteria in the salines of Huacho, Lima, Perú. *In* Cyanophyta (Cyanobacteria) Morphology, taxonomy, ecology. B. Hickel, K. Anagnostidis & J. Komarek.eds. 423 – 441p. Arch. Hydrobiol. Suppl. (Algological Studies 64:). E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung (Nägele & Obermiller). Stuttgart.

**Montoya, H.T. & A. Olivera.** 1993. *Dunaliella salina* Teodoresco (Chlorophyta) from saline environments at the Central Coast of Peru. *In* Saline lakes. V.S. Hurlbert ed. 155–161 p. Proceedings of the 5th International Symposium on Inland Saline Lakes. Bolivia. Kluwer Academic Publ.

**Montoya, H. T.** 2009. Algal and Cyanobacterial saline biofilms of the Grande Coastal lagoon, Lima , Peru. *In* Saline Lakes around the world: Unique systems with unique values. A. Oren, D. Naftz, P. Palacios and W.A. Wurtsbaugh. eds. 127-134p. Natural Resources and Environmental Issues.Vol XV. S.J. and Jessie E.Quinney Natural Resources Research Library, Logan, Utah, USA.

**Norris, R.E.** 1980. Prasinophytes. In Phytoflagellates. E. R.Cox. ed. 85- 145p. Elsevier North Holland, Inc. The Netherlands.

**Norris, R.E.; T. Hori & M. Chihara.** 1980. Revision of the genus *Tetraselmis* (Class Prasinophyceae). Bot. Mag. Tokyo 93: 317 - 339.Oseguera, L. A., J. Alcocer & E. Escobar. 2010. Seston flux in a tropical saline lake. Verh. Internat. Verein. Limnol. Vol.30. Part 10. 1477-1481 p. Stuttgart. Alemania.

**Provasoli, L.; J. McLaughlin & M. Droop.** 1957.The development of artificial media for marine algae. Arch. fur Mikrobiol. 25:392-428.

**Roberts. M.F.** 2005. Organic compatible solutes of halotolerant and halophilic microorganisms. Saline Systems 1:5. 68 p.

**Sorgeloos, P.** 1980. The use of brine shrimp *Artemia* in aquaculture. In the brine shrimp Artemia. Vol.3: 25 - 46. Universa Press. Welteren.

**Tanoue, E. & Y. Aruga.** 1975. Studies on the life cycle and growth of *Platymonas sp*. in culture. Japanese J. of Botany 20:439–460.

**Reynolds, C.** 2006. Ecology of Phytoplankton. Cambridge University Press. 524p.

**Sym, S.D. & R.N. Pienaar.** 1993. The class Prasinophyceae. Progress in Phycological Research 9: 281-376.

**Van den Hoff, J. & H. R. Burton.** 1989. An encystment stage, bearing a new scale type, of the Antartic prasinophyte *Pyramimonas gelidicola* and its paleolimnological and taxonomic significance. J. Phycol. 25: 446-454.

**Viner-Mozzini, Y.; T. Zohary & A. Gasith.** 2003. Dinoflagellate bloom development and collapse in Lake Kinneret: a sediment trap study. J. Plankton Res. 25:591-602.

**Wetzel R.G.** 2001. Limnología. Lake and River ecosystems. 3r. ed. Academic Press. San Diego. 1006p.

**Woods, A.M.; R.C. Everroad & L.M. Wingard.** 2005. Measuring growth rates in microalgal cultures. *In* Algal Culturing Techniques. R.A. Andersen ed. 269-285 p. Phycological Society of America. Elsevier Academic Press.

*Arnaldoa* 19(1): 23 - 27, 2012 ISSN: 1815 - 8242

# *Axinaea ninakurorum* (Melastomataceae) – a new species from the northern Peruvian Merianeae hotspot.

## *Axinaea ninakurorum* (Melastomataceae) – una nueva especie del hotspot de Merianeae norperuano

***Rainer W. Bussmann***
William L. Brown Center, Missouri Botanical Garden, PO Box 299, Saint Louis, MO 63166-0299, USA.
*rainer.bussmann@mobot.org*

***Narel Y. Paniagua Z.***
Herbario Nacional de Bolivia, Instituto de Ecología-UMSA, Campus Universitario, Cota Cota Calle 27, Apdo. Postal 10077 correo central, La Paz, BOLIVIA.

**Resumen**

A new Peruvian species of *Axinaea* (Melastomataceae) is described. *Axinaea ninakurorum* is a small tree, endemic to the lower cloud forest zone in the northern Andean region of Peru. This region is well known as a highly diverse, but also highly under-collected due to difficult access. Currently the new species is only known from one tree at the type locality. However, extensive collections in the wider region have allowed to find many previously unknown populations of other Axinaea species previously deemed very rare, and it is to hope that more material of *Axinaea ninakurorum* can be found in the near future.
**Key words:** Peru, endemism, montane forest

**Abstract**

Se describe una nueva especie de *Axinaea* (Melastomataceae) del Perú. *Axinaea ninakurorum* es un pequeño árbol, endémico de la zona baja de bosques de nublina en la región norte de los Andes del Perú. Esta región es conocida como una zona de gran diversidad, pero también muy poco explorada debido a la dificultad de acceso. Actualmente, la nueva especie sólo se conoce de un árbol en la localidad tipo. Sin embargo, extensas colecciones en toda la región han permitido encontrar muchas poblaciones desconocidas de otras especies de *Axinaea* consideradas muy raras, y es de esperar que más material de *Axinaea ninakurorum* se puede encontrar en el futuro cercano.
**Palabras clave**: Perú, endemismo, bosques montanos.

### Introduction

*Axinaea* (Melastomataceae, Merianeae) is a Neotropical genus including by now 42 species of small trees and shrubs, largely restricted to the Andes, growing mostly in very humid cloud-forest at altitudes between 1200 and 3800 m. *Axinaea costaricensis* Cogn. in A. DC., which grows in Costa Rica and Panama is a notable exception (Wurdack 1973, 1980). *Axinaea* belongs to the tribe Merianeae and is regarded as closely related to Meriania (Triana 1871, Cogniaux 1891, Wurdack 1973, 1980, Schulman & Hyvönen 2003). The latest published revision of the genus is still Eves (1936). A new revision by Cotton (2003) has so far not been published.

The small area of Northern Peru and southern Ecuador, with 25 species, including 3 newly described ones (Bussmann *et al.*, 2010, Sagástegui *et al.*, 2010) present, has to be regarded a hotspot for *Axinaea* and other Merianeae. .

***Axinaea ninakurorum*** Bussmann & Paniagua sp. nov.
(Fig. 1-2)

*Haec species Axinaeae floribundae (Naudin) Triana similis, sed ab ea foliis mayoribus (13x32 cm vs. 6x16cm), inflorescentiis majoribus atque floribus roseis (vs. albus) differt.*

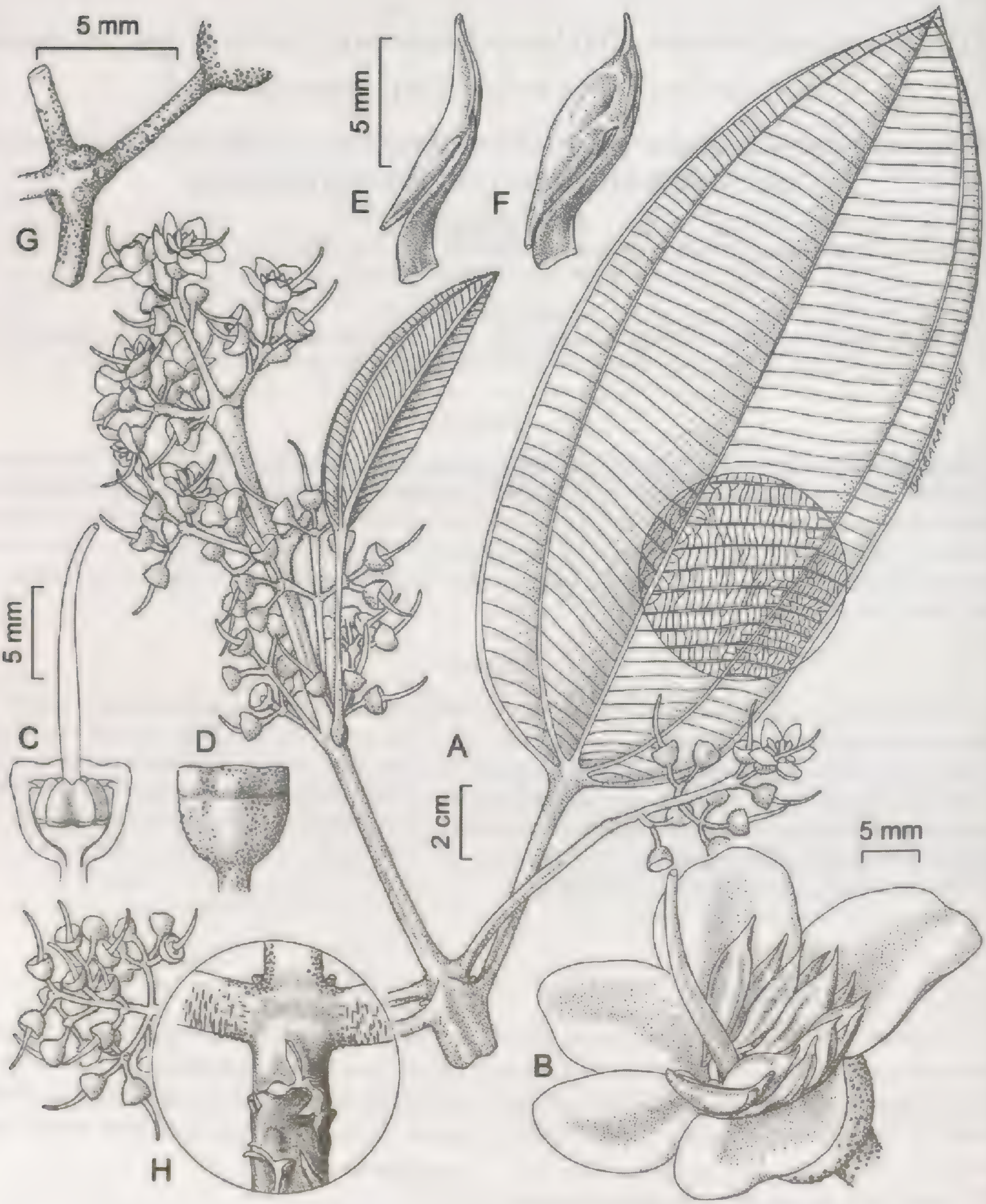



Fig. 1. ***Axinaea ninakurorum:*** A.Habit, B. Mature flower, C. Hypanthium, D. Calyx, E/F. Anthers, G. Pedicel detail, H. Detail of deeply fissured bark.

Fig. 2. ***Axinaea ninakurorum***. A. Habit. B. Inflorescence. C. Peeling bark. D. Node. E. Flower.

Type: PERU. **Region Amazonas**, Provincia Huallaga, Distrito Bolivar. Cloud forest surrounding "Pampa Hermosa" around old Chacha and Inca settlement, with high amount of old *Cedrela*. 06°5931.9"S, 077°39'16.3"W, 2400 m. 24 -V- 2011. *R.W. Bussmann, N.Y. Paniagua Z., C. Vega & L. Cotrina 17067* (holotype HAO!, isotypes MO!, NY!).

Singular **treelet**, 4-5 m tall. **Branches** quadrangular or terete, densely furfuraceous throughout; hairs on branches short, thick, dendritic with well developed axis and moderate number of terete, short to moderately long arms, 0.5-1.5mm long (Wurdack 1986: indumentum type 26), nodes slightly thickened, without stipuliform flaps. **Leaves** coriaceous, rigid, erect; petiole 40-60 mm long, indumentum cream-colored, densely arachnoid-furfuraceous; lamina lanceolate, (4)9-15 x (10) 23-32 cm, petiole length to lamina length 1:(2.25)6(8); lamina length to width (1.2)2.5(3.5):1; the indumentum adaxially sparsely arachnoid-furfuraceous, abaxially densely arachnoid-furfuraceous; apex broadly acute; base attenuate without scutum, strongly revolute abaxially; margins, shallowly denticulate, weakly revolute; venation 5-plinerved, including smaller marginal nerves, immature leaves 3-plinerved, acrodromous with one basal pair and one suprabasal pair of distal main veins and an additional, weak pair of inframarginal veins, adaxially sparsely to moderately furfuraceous along primary veins, abaxially densely furfuraceous along primary and secondary veins, hairs as on the branches; secondary nerves prominent abaxially and adaxially, parallel, 5-7 mm apart. inflorescence a terminal, compound thyrsoid (Weberling 1981), upright, multi-branched, with 12-20 branches, 30-50 cm long, including 10-20cm long peduncles, densely furfuraceous, hairs as on the branches but shorter. 80-110 flowered, petals pink, sterile anthers dark purple, fertile anthers magenta, flowers 5-merous, 3 cm wide. **Flowers** 5-merous, 2-3 cm wide; 1.5-2.5 cm long; hypanthium cupuliform, 5-6 mm long, moderately furfuraceous, hairs as on pedicels; calyx 1-1.5 mm long, 5-lobed, teeth inconspicuous or absent; petals magenta turning pale neon-blue outside, white inside, fleshy, obovate, concave, 9-12 x 7-10 mm, apex asymmetrically bilobed; stamens 10, isomorphic; filaments complanate 4-6 mm long; connective ellipsoidal, acute basally, yellow turning red-orange; anthers 5-7 mm long, with one small slightly dorsal pore, deep reddish-purple; ovary oblong, 8-costulate, apex 4-lobed, 4-celled; style 14-19 mm long, pale blue. Not fruiting when collected. Bark peeling in large flakes.

The species is most similar to *Axinaeae floribundae* (Naudin) Triana but inflorescence much larger and flowers bright pink with violet anthers (instead white), much larger leaves and deeply peeling bark.

## Distribution and conservation status

*Axinaea ninakurorum* is known only from the type locality in the Peruvian region San Martin, province Huallaga, District Bolivar on the eastern slopes of the Northern Peruvian Andes. One single specimen of the species was found growing between the Chacha and Inka ruins of "Pampa Hermosa", in the Rio Huayabamba valley, at altitudes from around 2400 m. No further specimens were found in the area so far. The species must be regarded as critically endangered (CR A3B2ab(i,iii,iv)) according to IUCN (2001) because it is known only from a restricted area of less than 10km2 and the whole population is outside protected areas.

## Etymology

*Axinaea ninakurorum* grows on a hillside where thousands of fireflies can be seen each night. Thus the local language term for firefly "ninakuro" was used to name the species, to honor the original inhabitants of the area.

## Conservation status of other species of *Axinaea* in Northern Peru

The mountain ranges of Northern Peru are difficult to access, and the collection history clearly reflects this, with many species only known from their type localities or close-by collections. In addition, many species seem to have very distinct flowering periods. Melastomataceae in general, and *Axinaea* in particular are no exception. Our expeditions since 2008 have covered a wide range of areas in Northern Peru, during different seasons. Species deemed rare in Cotton (2003), like *Axinaea crassinoda* Triana, could be found in

essentially every valley of the region, and are in fact quite common, but are rarely found flowering. *Axinaea mertensioides* Wurdack, previously only known from the type collection, could now also be confirmed about 50km South of the original area, and was quite common along small streams, and *Axinaea fernando-cabiesii* Bussmann, Gruhn & Glenn could also be confirmed from various new locations. This indicates that much more fieldwork is needed to get a real indication for the conservation status of species deemed critically endangered.

**Acknowledgements**

The study was financed through funds from William L. Brown Center at Missouri Botanical Garden. We gratefully acknowledge the tireless help of Ing. Carlos Vega Ocaña, INBIAPERU, as well as Leoncio Cotrina for their constant help with the collection of material. We thank Barbara Alongi for the line drawings.

## Literature Cited

**Bussmann, R.W., Gruhn, J. & Glenn, A.** 2010. *Axinaea fernando-cabiesii* and *A. reginae* spp. nov. (Melastomataceae) from upper Amazonia of Peru, with notes on the conservation status of *A. flava*. Nordic Journal of Botany 28: 518-522.

**Cogniaux, A.** 1891. Melastomataceae. *In*: Candolle, A.C. de (Ed.), Monographie Phanerogamarum 7: 1-1256.

**Cotton, E.** 2003. A taxonomic revision of the genus *Axinaea* Ruiz & Pav. (Melastomataceae). M.Sc. thesis, Department of Systematic Botany, University of Aarhus, Denmark, pp. 1-160 (unpublished).

**Eves, D.S.** 1936. A revision of the genus *Axinaea* (Melastomataceae). Bulletin of the Torrey Botanical Club 63: 211-226.

**Sagástegui , A.; C. Arroyo & E. Rodríguez.** 2010. Una nueva especie de *Axinaea* (Melastomataceae: Merianieae) del Norte de Perú. Revista Peruana de Biología 17(2): 145-149.

**Schulman, L. & J.Hyvönen,** 2003. A cladistic analysis of *Adelobotrys* (Melastomataceae) based on morphology, with notes on generic limits within the tribe Merianieae. Systematic Botany 28: 738–756.

**Triana, J.** 1871. Les Melatomataces. Transactions of the Linnean Society London 28: 1-188.

**Weberling, F.** 1981. Morphologie der Blüten und der Blütenstände. Euggen Ulmer, Stuttgart

**Wurdack, J.J.** 1973: Melastomataceae. - *In*: Lasser, T. (ed.), Flora de Venezuela 8: 1-819.

**Wurdack, J.J.** 1980. Melastomataceae. - *In*: Harling, G. & Sparre, B. (eds), Flora of Ecuador 13:1-403.

**Wurdack, J.J.** 1986. Atlas of hairs for Neotropical Melastomataceae. Smithsonian Contributions to Botany 63: 1–80.

*Arnaldoa* 19(1): 29 - 35, 2012 ISSN: 1815 - 8242

# Relación del Movimiento Nástico Foliar con la Anatómia Vegetativa de *Phyllanthus niruri* (Phyllanthaceae)

# Relation to nastic foliar movement with vegetative anatomy in *Phyllanthus niruri* (Phyllanthaceae)

***Miriam Hadid, Adriana Pérez, Nilda Dottori & María Teresa Cosa***
Laboratorio de Morfología Vegetal. Facultad de Ciencias Exactas Físicas y Naturales. Universidad Nacional de Córdoba e Instituto Multidisciplinario de Biología Vegetal. C. C. 495. 5000 Córdoba. ARGENTINA.
*m_hadid@yahoo.es*

**Resumen**

Los pulvínulos son estructuras responsables de los movimientos foliares en respuesta a estímulos externos; dicho mecanismo foliar permite maximizar la fotosíntesis en condiciones adversas. En este trabajo se describe, en *Phyllanthus niruri* L. (Phyllanthaceae), la anatomía del tallo y de la lámina y pecíolo de la hoja en su parte proximal y distal; a fin de relacionar su estructura con los movimientos násticos foliares. Se encontraron diferencias en el volumen de las células corticales en el extremo proximal del pecíolo, zona de diferenciación del pulvínulo, en hojas de posición abierta y cerrada. Las características celulares del pulvínulo responden a los movimientos de apertura y cierre de las hojas los cuales ocurren tanto de noche en respuesta a la oscuridad como de día en respuesta a la exposición solar. Posiblemente la ausencia de drusas y de endodermis, presentes sólo en el tallo, faciliten el traslado de solutos permitiendo el movimiento foliar. Todo ello constituye un importante mecanismo adaptativo considerando la delicada estructura de la planta y en particular de la lámina, que consta de grandes células epidérmicas, escaso tejido parenquimático y grandes espacios intercelulares.
**Palabras Clave:** *Phyllanthus niruri*, movimiento nástico, anatomía, tallo, hoja

**Abstract**

The pulvini are structures responsible for foliar movements in response to external stimuli; this foliar mechanism maximizes the photosynthesis in adverse conditions. In this work the anatomy of the stem, blade and petiole (proximal and distal end) of *Phyllanthus niruri* L. (Phyllanthaceae) is studied, in order to relate its structure to foliar nastics movements. There are differences in volume of the cortical cells in the proximal end of the petiole (pulvini), in open and closed leaves. The cellular characteristics of pulvini respond to the opening and closing movements of the leaves which occur at night in response to darkness whereas during the day in response to solar exhibition. Possibly the absence of druses and endoderms, presents only in the stem, facilitates the transfer of solutes. All this constitutes an important adaptive mechanism considering the delicate structure of the plant.
**Key Words:** *Phyllanthus niruri*, nastic movement, anatomy, leaf, stem.

## Introducción

Las nastias son respuestas pasajeras de determinadas zonas de un vegetal frente a un estimulo de carácter externo; se basan en el cambio de turgencia de grupos de células que varían su volumen mediante el control de la entrada y salida del agua. El movimiento nástico foliar tiene su sede en el pulvínulo que es una estructura especializada sensible a los estímulos ambientales (Strasburger *et al*., 2004), tanto en la fotonastia, termonastia o nictinastia, la respuesta produce un cambio de posición en el órgano que la presenta. En el caso de las hojas, se cierran o se abren quedando en posición vertical u horizontal respectivamente en respuesta al estímulo (Salisburry & Ross, 1994).

Observaciones *in situ* en *Phyllanthus niruri* L. (Phyllanthaceae), pusieron de manifiesto la presencia de movimientos násticos foliares. Esta especie conocida vulgarmente como "helechito" o "chanca piedra" es

originaria de América Tropical. En Argentina es nativa y se distribuye en el norte, litoral y centro del país; muy frecuente en Córdoba, abunda en bosquecillos de "tala", "algarrobos", a orilla de arroyos, o a la sombra de árboles (Barboza *et al.*, 2006). Se la emplea en la medicina popular como infusión principalmente a partir de sus hojas, o también de sus semillas y raíces; se le adjudica poder antibacteriano, hipoglucémico, antiespasmódico, hepatoprotector, anticancerígeno y litolítico (Nuñez & Cantero, 2000; Carrizo *et al.*, 2002).

La presente investigación, tiene por objetivo analizar las características anatómicas de las hojas y tallos de *P. niruri* y relacionar sus particularidades estructurales con los movimientos násticos foliares; asimismo, aportar datos de valor diagnóstico dada su importancia medicinal.

## Material y Métodos

Los materiales estudiados proceden de: Argentina. Prov. Córdoba. Dpto. Capital, Cosa 393, 22-XII-2009. Los mismos se hallan depositados en el Museo Botánico de Córdoba (CORD).

Se utilizó material fresco o conservado en FAA. Para el estudio de la epidermis en vista superficial se aplicaron las técnicas de "raspado" y de "peeling" (D´Ambrogio de Argüeso, 1986). Se determinó la frecuencia de estomas e índice estomático.

El estudio de hojas y tallos se realizó con preparados temporarios y permanentes. Las secciones por pecíolo se realizaron en los extremos proximal y distal, cuando las hojas estaban en posición vertical o plegadas y en posición horizontal o expandidas. Para realizar los preparados permanentes, el material previamente fijado en FAA, fue deshidratado en una serie de alcohol etílico en graduación creciente hasta xilol puro y se incluyó en "paramat". Los cortes transversales de 10-15 µm de espesor se realizaron con micrótomo de rotación (Conn *et al.*, 1960), los preparados se colorearon con azul astral y fucsina básica (Kraus *et al.*, 1998) y se montaron con bálsamo de Canadá.

## Resultados

### *Exomorfología*

*Phyllanthus niruri* es una hierba anual de hasta 60 cm de altura, con tallos delgados y filiformes; sus hojas simples son alternas y se disponen en dos hileras sobre las ramas, semejando hojas pinnadas, tienen forma elíptica y miden.de 8 a 18 mm de long.

Las observaciones realizadas *in situ* pusieron de manifiesto que los movimientos násticos foliares, ocurren tanto en respuesta a la sobre exposición de luz como a la oscuridad. Se pudo comprobar que al mediodía, momento de máxima exposición solar, las hojas tiene posición vertical y esta misma posición adoptan cuando falta la luz, es decir durante la noche (Fig. 1 A); por el contrario, durante la mañana y la tarde, cuando la luz es menos intensa, las hojas se expanden adquiriendo posición horizontal (Fig. 1 B).

### *Anatomía*

*Epidermis en vista superficial:* El análisis de la epidermis en vista superficial permitió distinguir grandes células epidérmicas propiamente dichas, con paredes muy onduladas (Fig. 1 F y G). La cutícula es delgada y lisa y los estomas de tipo anomocítico y anisocítico se diferencian en el hipófilo y están ausentes en el epifilo. La frecuencia de estomas es de 198 por $mm^2$ y el índice estomático de 17. No se observan tricomas.

*Lámina:* En sección transversal presenta epidermis unistrata con células redondeadas de diferentes tamaños y cutícula delgada. El mesófilo es dorsiventral (Fig. 1 D); consta de un estrato de clorénquima en empalizada laxo hacia la cara adaxial y uno o dos estratos de clorénquima esponjoso hacia abaxial, con grandes espacios intercelulares. La vena media (Fig. 1 E), sobresale en el envés de la lámina. El haz vascular es colateral, de forma circular y está rodeado por una vaina de células parenquimáticas. Se observan drusas en el mesófilo.

*Pecíolo*: Es corto; en su parte proximal (zona próxima al tallo) es ensanchado formando un pulvínulo (Fig. 1 C). A este nivel se observa: la epidermis unistratificada,

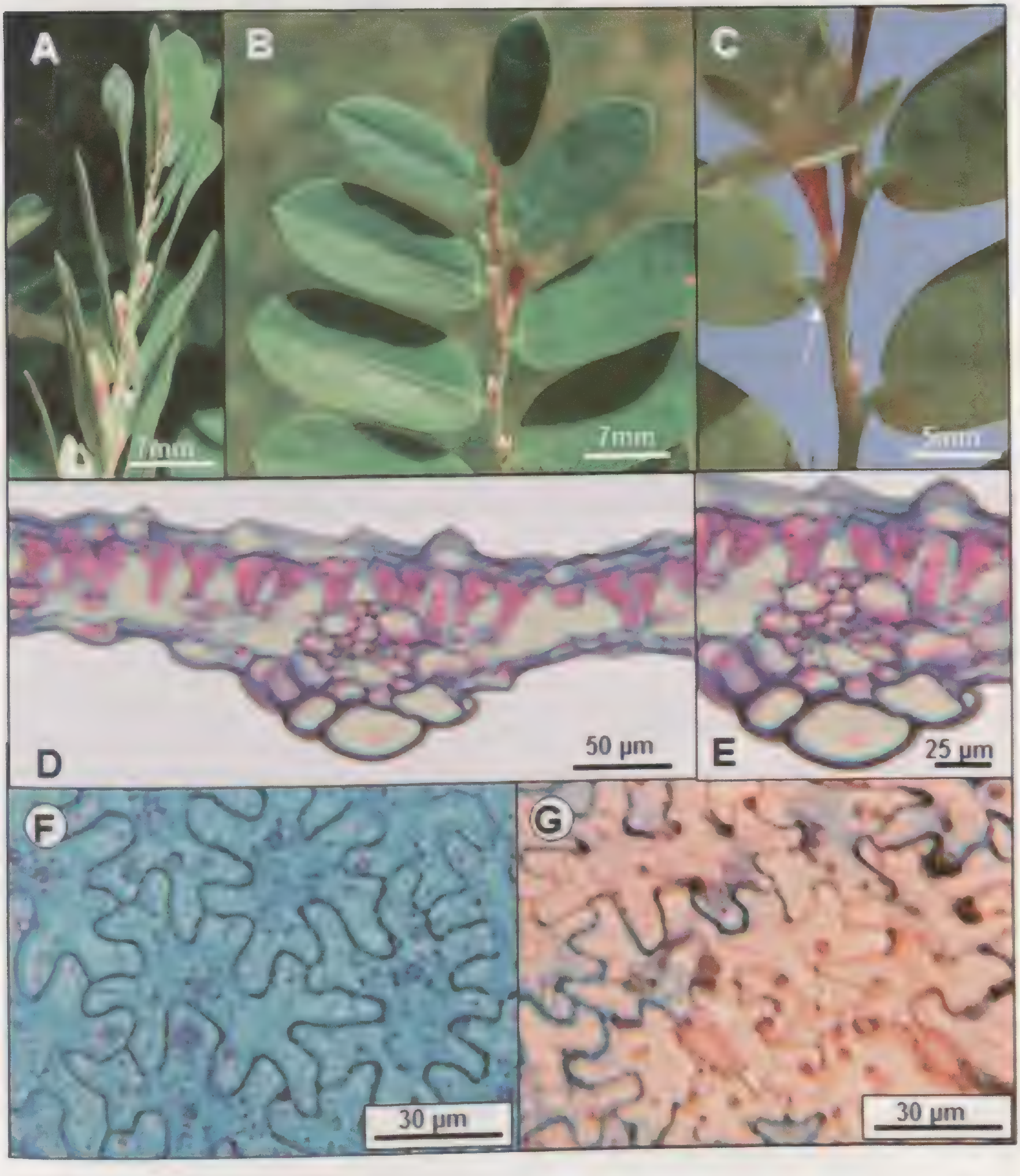



**Fig. 1.** *Phyllanthus niruri*. A y B: Hojas de posición vertical (cerradas) y horizontal (abiertas), respectivamente. C: hojas mostrando el peciolo, con flecha se señala el pulvínulo. D: Corte transversal por la lámina mostrando el mesofilo y la vena media. E. detalle de la vena media mostrando la vaina de células parenquimáticas. F y G: epidermis en vista superficial, cara adaxial y abaxial, respectivamente.

3 ó 4 estratos de parénquima hacia la cara abaxial y un número mayor de estos estratos hacia la cara adaxial. Carece de cristales y el haz vascular ocupa el centro. La sección longitudinal y transversal en hojas en posición vertical (Fig. 2 A y C), muestran los estratos corticales de la cara adaxial, comprimidos; mientras que, las células de estos mismos estratos en hojas de posición horizontal (Fig. 2 B y D), son voluminosas.

El pecíolo en su parte distal (zona próxima a la lámina), en cambio, presenta 3 ó 4 estratos de parénquima cortical alrededor del haz vascular central (Fig. 2 E), siendo la sección transversal circular.

*Tallo:* El corte transversal a nivel del entrenudo es circular y de forma irregular próximo al nudo (Fig. 2 F); la epidermis es unistratifica, con células más o menos isodiamétricas. La corteza contiene drusas y está constituida por 4 ó 5 estratos celulares; los más externos son colenquimáticos y el interno forma la endodermis alrededor del sistema vascular (Fig. 2 G), con células grandes y paredes delgadas. La médula parenquimática carece de cristales.

## Discusión y Conclusiones

El pulvínulo es una estructura especializada sensible a los estímulos ambientales capaz de controlar el movimiento de hojas y folíolos en numerosas plantas (Strasburger *et al.,* 2004). En Fabáceas constituye una característica frecuente y representa un mecanismo eficiente que permite maximizar la fotosíntesis en condiciones adversas (Rodrigues & Machado, 2004). En lugares donde las plantas están sometidas a limitaciones impuestas por la alta radiación, temperaturas elevadas y períodos de sequía bien marcados, el ajuste foliar es un importante mecanismo de adaptación (Caldas *et al.* 1997). El pulvínulo en *P. niruri* ubicado en la base del pecíolo controla los movimientos násticos, las hojas se cierran de noche en respuesta a la falta de luz adoptando la posición vertical; pero también, lo hacen al medio día, respondiendo a la sobre exposición solar. El movimiento diurno de cierre de las hojas, reduciría la temperatura de la lámina y en consecuencia la evapo-transpiración, evitando el colapso de los tejidos foliares; dado que, el mesófilo presenta escaso tejido parenquimático con amplios espacios intercelulares y la epidermis consta de células grandes de paredes muy onduladas. Estas características del mesófilo, son similares a las señaladas en la misma especie por García *et al.* (2003), excepto que aquí no se hallaron estructuras secretoras en relación con los haces vasculares.

Una característica que diferencia al pulvínulo de las demás regiones del pecíolo es la presencia de un tejido cortical parenquimático con mayor número de estratos celulares (Fleurat-Lessard & Roblin, 1982; Rodrígues & Machado, 2004). En *P. niruri* el mayor número de estratos parenquimáticos se encuentra en la cara adaxial del pulvínulo.

Los cambios de volumen en las células de la región del pulvínulo podrían ser un indicador de que el movimiento nástico en *P. niruri* ocurre en respuesta a variaciones en la turgencia celular; cuando la hoja toma posición horizontal las células de esa zona se hinchan y alargan ligeramente en sentido radial, por el contrario cuando la hoja toma posición vertical, las células se comprimen en sentido tangencial, por la pérdida de turgor. Estas variaciones en la forma de las células en respuesta a la pérdida de agua fueron señaladas también en *Crotalaria juncea* L. (Ferrarotto & Jáuregui, 2008).

La presencia de abundantes compuestos fenólicos especialmente taninos en la corteza del pulvínulo de *Bauhinia rufa* (Bong.) Steud., *Copaifera langsdorffii* Desf., *Dalbergia miscolobium* Benth., *Mimosa rixosa* Mart. y *M. flexuosa* Mart., confirman su importancia en los movimentos násticos (Toriyama, 1953, 1955; Moysset & Simón 1991). El pulvínulo de *Zornia diphylla* Pers. (Rodrigues & Machado, 2006), exhibe discretos movimientos no detectándose compuestos fenólicos en las células motoras. En *P. niruri* tampoco se observaron dichos compuestos en el pulvínulo; si bien, estudios químicos señalaron la presencia de taninos en toda la planta (Shimizu, *et al.*, 1989).

Rodrigues & Machado (2006), observaron, en el pecíolo de todas las especies analizadas, una capa cortical interna bien delimitada, considerándola una endodermis típica igual que otros autores (Fleurat-Lessard & Roblin, 1982; Fleurat-Lessard *et al.*,

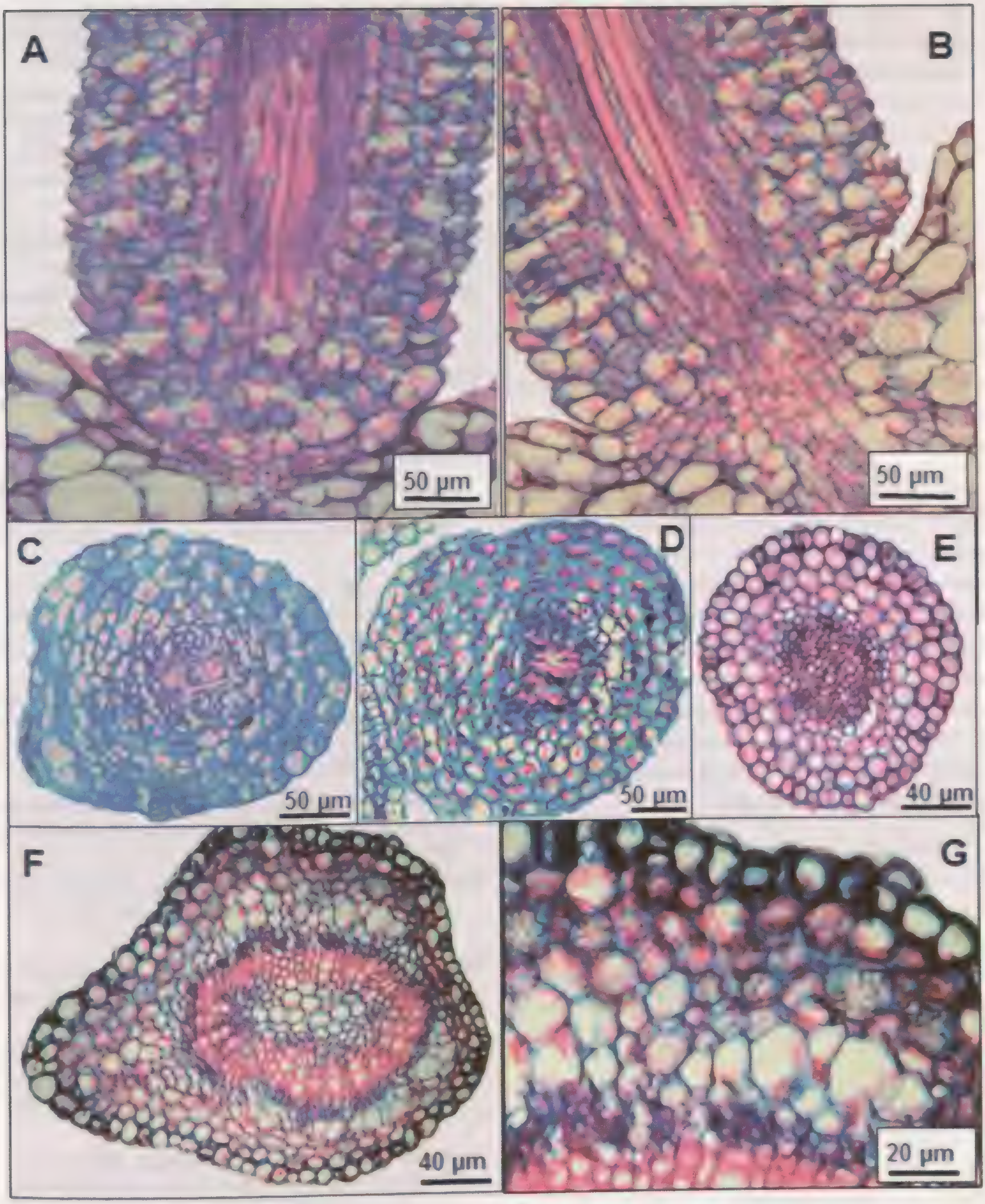



**Fig. 2:** *Phyllanthus niruri*. A y B: corte longitudinal por pecíolo a nivel del pulvínulo, mostrando, células comprimidas y turgentes, respectivamente. C y D. corte transversal por pecíolo a nivel del pulvínulo de hojas cerradas y abiertas, respectivamente, mostrando en C, células turgentes y alargadas ligeramente en sentido radial y en D, células comprimidas en sentido tangencial, por pérdida de turgor. E: corte transversal por pecíolo en su parte distal. F: corte transversal por tallo próximo al nudo. G: detalle de la corteza de F, mostrando los cristales y la endodermis.

1988; Moysset & Simón 1991). Además, observaron cristales de oxalato de calcio y granos de almidón, en las células endodérmicas de especies con movimientos heliotrópicos y nictinásticos lentos y sólo granos de almidón en aquellas especies con movimentos foliares násticos rápidos, confirmando la existencia de una relación entre el contenido de la endodermis y la velocidad del movimiento (Morse & Satter 1979). En el pecíolo de *P. niruri* no se diferencia la endodermis ni los cristales; particularidades que se presentan en el tallo. La falta de estas barreras apoplásticas favorecen la rápida redistribución de iones que se da durante los movimientos foliares y según Rodrigues & Machado (2004), constituye una característica diferencial del pulvinulo en relación a otras regiones de la hoja.

En los pulvínulos es común la presencia de una zona flexora y una extensora, la primera ubicada hacia la cara adaxial y la segunda hacia la abaxial, cuyos cambios celulares promueven el movimiento foliar, en *C. juncea* (los términos proximal y distal se han usado con respecto a la lámina) se observaron cambios en la cara adaxial de las regiones distal y proximal del pecíolo, como en la cara abaxial de la región distal (Ferrarotto & Jáuregui, 2008). En *P. niruri* sólo se observaron cambios en la cara adaxial de la región proximal del pecíolo (zona próxima al tallo).

Puede concluirse, que *P. niruri* responde a los movimientos násticos foliares (nictinástico y fotonástico), de apertura y cierre de las hojas. La falta de barreras apoplásticas en el pulvínulo favorece la rápida redistribución de iones. Todo ello constituye un importante mecanismo adaptativo considerando la delicada estructura de la planta

## Agradecimientos

Agradecemos a la Secretaría de Ciencia y Técnica de la Universidad Nacional de Córdoba (SECYT), por el apoyo económico brindado

## Literatura citada

**Barboza, G. E.; J. Cantero; J. O. Nuñez & L. Ariza.** 2006. Flora medicinal de la província de Córdoba (Argentina). Ed. Museo Botánico Córdoba. Argentina.

**Caldas, L. S.; U. Lüttge; A. Franco & M. Haridasan.** 1997. Leaf heliotropism in *Pterodon pubescens*, a woody legume from the Brazilian Cerrado. Rev. Bras. Fisiol. Veg. 9: 1-7.

**Carrizo, E. Del V.; M. Palacio & L. Roic.** 2002. Plantas de uso medicinal en la flora de los alrededores de la ciudad de Santiago del Estero (Argentina). Dominguezia 18: 26-35.

**Conn, H. J.; M. A. Darrow & V. M. Emmel.** 1960. Staining procedures. Williams & Wilkins, Baltimore.

**D'ambrogio De Argüeso.**1986. Manual de Técnicas de Histología Vegetal. I-III. 1-83. Ed. Hemisferio Sur.

**Ferrarotto, M. & D. Jáuregui.** 2008. Relación entre aspectos anatòmicos del pecíolo de *Crotalaria juncea* L. (Fabaceae) y el movimiento nástico foliar. Polibotánica 26: 127-136.

**Fleurat-Lessard, P. & G. Roblin.** 1982. Comparative histocitology of the petiole and the main pulvinus in *Mimosa pudica* L. Ann. Bot. 50: 83-92.

**Fleurat-Lessard, P.; G. Roblin; J. Bonmort & C. Besse,** 1988. Effects of colchicine, vinblastine, cytochalasin B and phalloidin on the seismonastic movement of *Mimosa pudica* leaf and on motor cell ultrastructure. J. Exp. Bot. 39: 209-221.

**Garcia, C. M.; G.D.zanetti; A. M. Zago; C. F. Bittencourt & B. M. Heinzmann.** 2004. Estudio Morfo-Anatómico de *Phyllanthus niruri* L. y *P. tenellus* Roxb. Acta Farm. Bonaerense 23 (1): 67-70.

**Kraus, J. E.; H. De Sousa ; M. Rezende,E.;N.M Castro, C. Vecchi, & R. Luque,** 1998. Astra Blue and Basic Fuchsin double staining of plant materials. Biotechnic & Histochemistry 73 (5): 235-243.

**Moysset, L. & E. Simón.** 1991. Secondary pulvinus of *Robinia pseudoacacia* (Leguminosae): structural and ultrastructural features. Amer J. Bot. 78:1467-1486

**Morse, M. J. & R. Sater.** 1979. Relationship between motor cell ultrastructure and leaf movements in *Samanea saman*. Physiol. Plant. 46:338-346.

**Nuñez, C. & J. Cantero.** 2000. Las plantas medicinales del sur de la Provincia de Córdoba. Fundación Universidad Nacional de Río Cuarto. Córdoba. Argentina, 1-144.

**Rodrigues, T. M. & S.r. Machado.** 2004. Anatomia comparada do pulvino, pecíolo e raque de *Pterodon pubescens* Benth. (Fabaceae - Faboideae). Acta Bot. Bras. 18(2): 381-390.

**Rodrigues, T. M. & S. R. Machado.** 2006. Anatomia comparada do pulvino primário de leguminosas com diferentes velocidades de movimento foliar. Rev. Bras. Bot. 29 (4): 709-720.

**Salisburry, F. & C. Ross,** 1994. Fisiología Vegetal. Ed. Iberoamericana. México.

**Shimizu, M.; S. Oiré; S. Terashima; H. Ueno, T. Hayashi; M. Arisawa; S. Suzuki; M. Yoshizaki & N. Morita.** 1989. Studies on aldose reductase inhibitors from

natural products. II Active components of a Paraguayan crude drug "Para-Parai Mi", *Phyllanthus niruri*. Chem. Pharm. Bull. 37: 2531-2532.

**Strasburger, E.; F. Noll ; H. Schenck, & A. Schimper.** 2004. Tratado de Botánica. 1-1134, Omega. Barcelona.

**Toriyama, H.** 1953. Observational and experimental studies of sensitive plants I: The structure of parenchymatous cells of pulvinus. Cytology 18: 283-292.

**Toriyama, H.** 1955. Observational and experimental studies of sensitive plants. VI: The migration of potassium in the primary pulvinus. Cytology 20: 367-377.

*Arnaldoa* 19(1): 37 - 45, 2012 ISSN: 1815 - 8242

# Nuevas adiciones a la flora del Perú, VI

## New additions to the flora of Peru, VI

***Eliana Linares Perea***
Estudios Fitogeográficos del Perú, Sánchez Cerro 219, Manuel Prado, Paucarpata, Arequipa, PERÚ.
*elialinper@hotmail.com*

***José Campos de la Cruz***
Museo de Historia Natural, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, apartado 140434,Lima 14, PERÚ.
*joricampos@yahoo.es*

***Antonio Galán de Mera***
Laboratorio de Botánica, Facultad de Farmacia, Universidad San Pablo-CEU, apartado 67, 28660- Boadilla del Monte, Madrid, ESPAÑA. *agalmer@ceu.es*

### Resumen

Durante los estudios florísticos y fitosociológicos que estamos realizando en el sur del Perú, damos a conocer 72 nuevos registros o plantas poco conocidas para el departamento de Puno. De entre ellas, tienen un especial interés corológico *Caltha sagittata* Cav., de la que solo hemos encontrado una antigua referencia, y *Monopyle reflexa* (Rusby) E. H. Roalson & Boggan, cuya presencia apenas conocemos publicada en el Perú. Todas las plantas colectadas han sido ordenadas de acuerdo con el modelo de los pisos bioclimáticos.

**Palabras Clave:** Flora, Nuevos registros, Pisos bioclimáticos, Puno, Perú.

### Abstract

During our floristic and phytosociologic studies in southern Peru, we present 72 new records or little-known plants from department of Puno. Among them, *Caltha sagittata* Cav. has a special chorologic interest, of which only we have found an old reference, and *Monopyle reflexa* (Rusby) E. H. Roalson & Boggan, whose presence is little-known in Peru.All plants collected were ordered according to the bioclimatic belts model.

**Key words:** Flora, New records, Bioclimatic belts, Puno, Peru.

### Introducción

Las colectas y observaciones realizadas en el Departamento de Puno durante los años 2009-2012 nos han llevado a la posibilidad de avanzar sobre el conocimiento del paisaje en los Andes orientales del sur del Perú a través del modelo de los pisos bioclimáticos (Galán de Mera *et al.*, 2009, 2010, 2012) y, a su vez aportar nuevos registros a la flora de este Departamento y del Perú.

Este trabajo es continuación de los publicados recientemente, referidos a los Andes occidentales y áreas interandinas de los Departamentos de Arequipa, Moquegua y Tacna (Linares *et al.*, 2010) y añade nuevos registros a nuestras aportaciones pretéritas sobre el sur del Perú (Beltrán *et al.*, 1999; Galán de Mera *et al.*, 2003).

### Material y métodos

El territorio estudiado comprende desde los alrededores de Macusani y el nevado Allincapac (5579 m) hasta la población de San Gabán (650 m), a lo largo del valle formado por el río San Gabán (19L 0346956-8461086, 19L 0348365-8513960), en el Departamento de Puno (Fig. 1).

Ordenamos las plantas herborizadas aplicando el modelo de los pisos bioclimáticos, que establece cinturas altitudinales de vegetación coincidentes con intervalos del índice de termicidad (It), especies bioindicadoras y cultivos (Rivas-Martínez *et al.*, 1998; Galán de Mera *et al.*, 2010).

Para cada registro indicamos, además, su distribución en otros Departamentos (abreviaturas de Brako & Zarucchi, 1993) y el hábitat. Las distribuciones de

los cultivos están basadas en observaciones propias, y refleja un uso del territorio semejante a la concepción de la próxima comunidad Q'Ero (Cusco) o de la propia Provincia de Carabaya en Puno (Huerta, 2005). Los pisos bioclimáticos son coincidentes con el uso del máximo de pisos ecológicos (Murra, 2009) de los Q'Ero, que cultivaban hasta los 1400 m (piso termotropical) como cota inferior, lo que se corresponde con el dato de que la cultura quechua se difumina en la selva amazónica (piso infratropical) sustituyendo territorios comunales por chacras próximas a los núcleos de población.

Los nuevos registros o especies poco conocidas en el Perú o en el Departamento de Puno están basados sobre todo en la base de datos Tropicos (2012), aunque también se han consultado otros trabajos (Herrera, 1941; Tovar, 1993; Beltrán *et al.*, 1999; Brako & Zarucchi, 1993; Ulloa Ulloa *et al.*, 2004; Arteta *et al.*, 2006). Los ejemplares colectados se conservan en el herbario AQP.

## Resultados

De los nuevos registros destacamos a *Caltha sagittata* Cav. (Fig. 2C), de la que solo hemos encontrado una referencia antigua del Cusco (Herrera, 1941), y a *Monopyle reflexa* (Rusby) E. H. Roalson & Boggan (Fig. 2D).

Según la nomenclatura biogeográfica utilizada para modelizar los distintos territorios del Perú (Galán de Mera *et al.*, 2002), los pisos bioclimáticos de los Andes del Departamento de Puno forman parte de la Provincia Ancashino-Paceña, entre Macusani y los 3867 m, la provincia Urubambense, hasta los 1000 m, y la provincia de Madre de Dios, por debajo de los 1000 m.

Entre Macusani y San Gabán los pisos bioclimáticos se ordenan de la siguiente forma (Fig. 1):

### *Piso criorotropical*

Intervalo altitudinal: 5579-4500 m.

Uso del territorio: ganadería de camélidos.

Nuevos registros:

***Asplenium triphyllum*** C. Presl

Allincapac, en roquedos verticales, 4853 m, 19L 0345680-3459934, E. Linares & A. Galán 2677; 4636 m, 19L 0345505-8458536. E. Linares & A. Galán 2678.

Otras citas publicadas: AN, AR, AY, CA, CU.

***Baccharis caespitosa*** (Ruiz & Pav.) Pers.

Abra de Oquepuño, en suelos poligonales, 4822 m, 19L 0355296-8429574, E. Linares & A. Galán 2707.

Otras citas publicadas: AN, AP, AR, AY, CA, CU, JU, LA, LI, MO.

***Bartsia diffusa*** Benth.

Allincapac, en suelos poligonales, 4709 m, 19L 0345462-8458980, E. Linares & A. Galán 2742.

Otras citas publicadas: AN, AR, CU, HV, JU, LI, PA.

***Belloa piptolepis*** (Wedd.) Cabrera

Allincapac, en suelos con solifluxión, 4716 m, 19L 0345457-8459018, E. Linares & A. Galán 2713.

Otras citas publicadas: AN, CA, CU, MO.

***Belonanthus spathulatus*** (Ruiz & Pav.) Schmale

Abra de Oquepuño, en suelos poligonales, 4811 m, 19L 0353352-8423544, E. Linares & A. Galán 2745, Fig. 2B.

Otras citas publicadas: HU, JU, LI, LL.

***Caiophora rosulata*** (Wedd.) Urb. & Gilg

Allincapac, en oquedades rocosas frecuentadas por camélidos, 4828 m, 19L 0345638-8459880, E. Linares & A. Galán 2676.

Otras citas publicadas: CU.

***Caltha sagittata*** Cav.

Allincapac, en el bofedal, 4636 m, 19L 0340584-8450752, E. Linares & A. Galán 2680, Fig. 2C.

Otras citas publicadas: CU.

***Cerastium peruvianum*** Muschl.

Allincapac, glera de grandes bloques, 4744 m, 19L 0345466-8459272, E. Linares & A. Galán 2750.

Otras citas publicadas: AN, CU, JU.

***Cystopteris fragilis*** (L.) Bernh.

Allincapac, fisuras de roquedos verticales, 4644 m, 19L 0345504-8458530, E. Linares & A. Galán 2738.

Otras citas publicadas: AM, AN, AR, CA, CU, JU, LL, MO, PA.

***Draba brackenridgei*** A. Gray

Allincapac, en suelos poligonales, 4814 m, 19L 0345651-8459850, E. Linares & A. Galán 2757.

Otras citas publicadas: AN, CU, JU, LI, LL, TA.

***Descurainia athrocarpa*** (A. Gray) O.E. Schulz

Allincapac, en gleras fijas, 4744 m, 19L 0345466-8459272, E. Linares & A. Galán 2688.

Otras citas publicadas: AN, CU, JU, LI, TA.

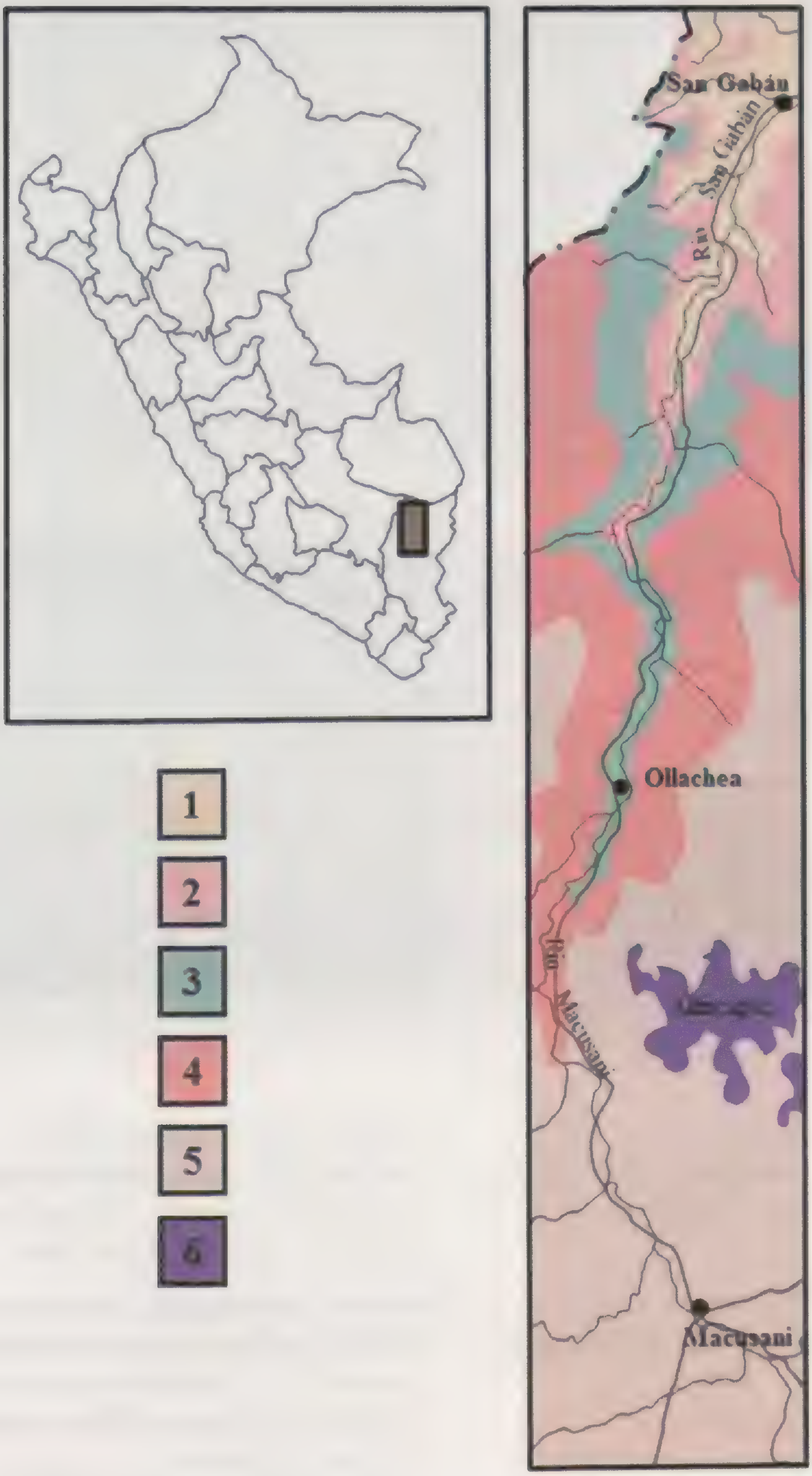



**Fig. 1.** Mapa con el territorio estudiado y sus pisos bioclimáticos. 1- infratropical, 2- termotropical, 3- mesotropical, 4- supratropical, 5- orotropical, 6- criorotropical.

**Fig. 2. A.** *Begonia veitchii*, **B.** *Belonanthus spathulatus*, **C.** *Caltha sagittata*, **D.** *Monopyle reflexa*.

***Deyeuxia densiflora*** J. Presl

Abra de Oquepuño, en repisas de roquedo, 4808 m, 19L 0353413-8429536, E. Linares & A. Galán 2747.

Otras citas publicadas: AN, HU, JU.

***Dielsiochloa floribunda*** (Pilg.) Pilg.

Allincapac, en suelos poligonales, 4814 m, 19L 0345651-8459850, E. Linares & A. Galán 2698.

Otras citas publicadas: AN, AR, AY, CU, HV, JU, LI.

***Englerocharis peruviana*** Muschl.

Abra de Oquepuño, en suelos poligonales, 4822 m, 19L 0355296-8429574, E. Linares & A. Galán 2693; Allincapac, en suelos poligonales, 4644 m, 19L 0345504-8458530, E. Linares & A. Galán 2708.

Otras citas publicadas: AN, AP, JU, LI.

***Gentianella potamophila*** (Gilg) Zarucchi

Allincapac, base de roquedo, 4847 m, 19L 0345660-8459932, E. Linares & A. Galán 2754.

Otras citas publicadas: AP, CU, MO.

***Geranium sessiliflorum*** Cav.

Abra de Oquepuño, en suelos poligonales y superficies con solifluxión, 4881 m, 19L 0356543-843208, E. Linares & A. Galán 2689; Allincapac, en gleras fijas, 4744 m, 19L 0345466-8459272, E. Linares & A. Galán 2691.

Otras citas publicadas: AN, AR, CU, JU, LL.

***Lupinus microphyllus*** Desr.

Abra de Oquepuño, en suelos poligonales, 4822 m, 19L 0355296-8429574, E. Linares & A. Galán 2705.

Otras citas publicadas: HV, JU.

**Fig. 3. A.** *Rubus boliviensis*, **B.** *Senecio jarae*, **C.** *Stangea rhizantha*, **D.** *Valeriana globularis*.

***Niphogeton dissecta*** (Benth.) J.F. Macbr.

Morrena central del Allincapac, 4831 m, 19L 0345917-8460116, E. Linares & A. Galán 2681.

Otras citas publicadas: CU, LA.

***Nototriche longirostris*** (Wedd.) A.W. Hill

Abra de Oquepuño, subrupícola, 4808 m, 19L 0355413-8429536, E. Linares & A. Galán 2685.

Otras citas publicadas: MO.

***Nototriche sepaliloba*** Hochr.

Abra de Oquepuño, en suelos poligonales, 4885 m, 19L 0356524-8432010, E.Linares & A. Galán 2722.

Otras citas publicadas: AR, HV.

***Oxalis arenaria*** Bertero

Allincapac, en roquedos verticales, 4644 m, 19L 0345504-8458530, E. Linares & A. Galán 2769.

Otras citas publicadas: AR, CU, JU.

***Peperomia peruviana*** Dahlst.

Allincapac, en roquedos verticales, 4644 m, 19L 0345504-8458530, E. Linares & A. Galán 2692.

Otras citas publicadas: AN, CA, LI, MO.

***Perezia coerulescens*** Wedd.

Allincapac, glera de grandes bloques, 4744 m, 19L 0345466-8459272, E. Linares & A. Galán 2753.

Otras citas publicadas: AN, AY, CU, HU, JU, LI, MO.

***Poa gilgiana*** Pilg.

Allincapac, en repisas de roquedos, 4644 m, 19L 0345504-8458530, E. Linares & A. Galán 2704.

Otras citas publicadas: AR, JU.

***Poa gymnantha*** Pilg.

Morrena central del Allincapac, 4840 m, 19L 0345946-8460176, E. Linares & A. Galán 2737.

Otras citas publicadas: AN, AR, CU, HV, LI, JU, TA.

***Poa humillima*** Pilg.

Allincapac, en suelos poligonales, 4814 m, 19L 0345651-8459850, E. Linares & A. Galán 2699.

Otras citas publicadas: HV, JU, LI, PA.

***Poa lilloi*** Hack.

Allincapac, suelos con solifluxión, 4716 m, 19L 0345457-8459018, E. Linares & A. Galán 2715.

Otras citas publicadas: HV, JU.

***Pycnophyllum weberbaueri*** Muschl.

Abra de Oquepuño, en suelos poligonales, 4885 m, 19L 0356524-8432010, E. Linares & A. Galán 2683.

Otras citas publicadas: AR.

***Senecio algens*** Wedd.

Abra de Oquepuño, base de roquedos, 4808 m, 19L 0355413-8429536, E. Linares & A. Galán 2675; Allincapac, base de roquedos, 4828 m, 19L 0345638-8459880, E. Linares & A. Galán 2684.

Otras citas publicadas: AN, CU.

***Senecio gamolepis*** Cabrera

Allincapac, pedrera semifija, 4857 m, 19L 0345744-8460000, E. Linares & A. Galán 2733.

Otras citas publicadas: LI.

***Senecio serratifolius*** (Meyen & Walp.) Cuatrec.

Allincapac, en un pequeño bofedal inclinado, 4766 m, 19L 0345465-8459348, E. Linares & A. Galán 2774.

Otras citas publicadas: AN, CU, MO.

***Solanum acaule*** Bitter

Allincapac, en pedrera con cantos grandes, 4766 m, 19L 0345465-8459348, E. Linares & A. Galán 2773.

Otras citas publicadas: AN, AR, AY, CA, CU, HV, JU, LI, TA.

***Stangea rhizantha*** (A. Gray) Killip

Allincapac, en una roca desprendida del glacial, 4673 m, 19L 0345499-8456868, E. Linares & A. Galán 2746, Fig. 3C.

Otras citas publicadas: JU, LI, MO.

***Trichophorum rigidum*** (Boeckeler) Goetgh., Muasya & D.A. Simpson

Abra de Oquepuño, en suelos poligonales y superficies con solifluxión, 4881 m, 19L 0356543-843208, E. Linares & A. Galán 2709.

Otras citas publicadas: AN, CU, JU, LL.

***Trisetum spicatum*** (L.) K. Richt.

Allincapac, en repisas de roquedos, 4644 m, 19L 0345504-8458530, E. Linares & A. Galán 2702.

Otras citas publicadas: AN, AR, CA, CU, HU, JU, LI, PI, TA.

***Valeriana coarctata*** Ruiz & Pav.

Allincapac, en roquedos verticales, 4644 m, 19L 0345504-8458530, E. Linares & A. Galán 2690.

Otras citas publicadas: AN, CU, MO.

***Valeriana globularis*** A. Gray

Allincapac, en suelos poligonales, 4814 m, 19L 0345651-8459850, E. Linares & A. Galán 2744, Fig. 3D.

Otras citas publicadas: AN, JU, LI.

***Vicia andicola*** Kunth

Allincapac, glera de grandes bloques, 4744 m, 19L 0345466-8459272, E. Linares & A. Galán 2752.

Otras citas publicadas: AM, AN, CA HU, LA, LI, LL, PI.

***Xenophyllum ciliolatum*** (A. Gray) V.A. Funk

Allincapac, en una glera móvil, 4856 m, 19L 0345697-8459978, E. Linares & A. Galán 2756.

Otras citas publicadas: AN, JU.

***Xenophyllum digitatum*** (Wedd.) V.A. Funk

Allincapac, glera bajo el glacial con cantos semifijos, 4800 m, 19L 0345645-8459810, E. Linares & A. Galán 2755.

Otras citas publicadas: JU, LI.

### *Piso orotropical*

Intervalo altitudinal: 4500-4150 m.

Uso del territorio: cultivo de papa amarga; ganadería de camélidos.

Nuevos registros:

***Jarava macbridei*** (Hitchc.) Peñail

Puente de Macusani, pastizales pastoreados por alpacas, 4466 m, 19L 0353063-8443060, E. Linares & A. Galán 2736.

Otras citas publicadas: HU, LI.

***Senecio jarae*** Phil.

Macusani, alrededores de Pacajes, en zonas de pastoreo con alpacas, 4346 m, 19L 0345283-8448936, E. Linares & A. Galán 2712, Fig. 3B.

Otras citas publicadas: CU.

***Piso supratropical***

Intervalo altitudinal: 4150-3794 m.

Uso del territorio: cultivo de oca, olluco, quínua, kiwicha; ganadería vacuna.

Nuevos registros:

***Festuca breviaristata*** Pilg.

De Macusani a Ollachea, pajonal muy denso con Festuca y Poa, 3794 m, 19L 0336472-8465028, E. Linares & A. Galán 2734.

Otras citas publicadas: CA, CU, PA.

***Piso mesotropical***

Intervalo altitudinal: 3794-2500 m.

Uso del territorio: maíz, sacha tomate, papayita; ganadería vacuna .

Nuevos registros:

***Aa mathewsii*** (Rchb. f.) Schltr.

Entre Macusani y Ollachea, ladera rocosa, 3684 m, 19L 0337182-8466182, E. Linares & A. Galán 2790.

Otras citas publicadas: AN, CU, JU, LL, LI, PI.

***Acca macrostema*** (Ruiz & Pav. ex G. Don) McVaugh

Ollachea, en bosque de Oreopanax, 2801 m, 19L 0339899-8474720, E. Linares & A. Galán 2779.

Otras citas publicadas: AN, HU, JU.

***Baccharis buxifolia*** (Lam.) Pers.

Entre Macusani y Ollachea, ladera rocosa, 3684 m, 19L 0337182-8466182. E. Linares & A. Galán 2672.

Otras citas publicadas: AY, CA, CU, HU, LL.

***Begonia veitchii*** Hook. f.

Entre Macusani y Ollachea, ladera rocosa, 3684 m, 19L 0337182-8466182, E. Linares & A. Galán 2784, Fig. 2A.

Otras citas publicadas: AP, CU.

***Brachypodium mexicanum*** (Roem. & Schult.) Link

Entre Macusani y Ollachea, ladera rocosa, 3684 m, 19L 0337182-8466182. E. Linares & A. Galán 2673.

Otras citas publicadas: AN, CA, CU, JU, PI.

***Campyloneurum asplundii*** (C. Chr.) Ching

Entre Macusani y Ollachea, ladera rocosa, 3684 m, 19L 0337182-8466182, E. Linares & A. Galán 2785.

Otras citas publicadas: AM, AY, CA, CU, HU, JU, LI, PA, SM.

***Croton perspeciosus*** Croizat

Ollachea, en bosque de Oreopanax, 2801 m, 19L 0339899-8474720, E. Linares & A. Galán 2730.

Otras citas publicadas: AY, CA, CU, JU, PA, SM.

***Disterigma alaternoides*** (Kunth) Nied.

Entre Macusani y Ollachea, ladera rocosa, 3684 m, 19L 0337182-8466182, E. Linares & A. Galán 2789.

Otras citas publicadas: AM, CA, CU, HU, JU.

***Elaphoglossum mathewsii*** (Fée) T. Moore

Entre Macusani y Ollachea, ladera rocosa, 3684 m, 19L 0337182-8466182, E. Linares & A. Galán 2786.

Otras citas publicadas: AN, AP, AY, CA, CU, HV, HU, JU, LI, LL, MD, PA.

***Gaultheria buxifolia*** Willd.

Entre Macusani y Ollachea, ladera rocosa, 3684 m, 19L 0337182-8466182. E. Linares & A. Galán 2668.

Otras citas publicadas: CU, HU, PA.

***Myrsine cf. pearcei*** (Mez) Pipoly

Cerca a Ollachea, en la ceja de selva, 2858 m, 19L 0339788-8472258, E. Linares & A. Galán 2728.

Otras citas publicadas: AP, CU.

***Oxalis tuberosa*** Molina

Entre Macusani y Ollachea, ladera rocosa, 3684 m, 19L 0337182-8466182. E. Linares & A. Galán 2670.

Otras citas publicadas: CA, CU.

***Peperomia galioides*** Kunth

Cerca a Ollachea, ladera rocosa, 3751 m, 19L 0337297-8469084. E. Linares & A. Galán 2665.

Otras citas publicadas: AM, AN, CA, CU, HU, JU, LL, LA, LI, PA, PI.

***Phytolacca bogotensis*** Kunth

Cerca de Ollachea, en bosque con Oreopanax, 2858 m, 19L 0339788-8472258, E. Linares & A. Galán 2783.

Otras citas publicadas: AM, AN, AP, AY, CA, CU, HU, JU, LA, LI, LL, PI.

***Rubus robustus*** C. Presl

Cerca a Ollachea, orla de bosques de ceja de selva, 3063 m, 19L 0339100-8469998, E. Linares & A. Galán 2729.

Otras citas publicadas: AN, AY, CA, CU, HU, JU, LL, PI.

***Thalictrum longistylum*** DC.

Cerca a Ollachea, orla de bosques de ceja de selva, 3063 m, 19L 0339100-8469998, E. Linares & A. Galán 2731.

Otras citas publicadas: AM, AN, AP, CA, CU, LI.

***Viguiera lanceolata*** Britton

Cerca a Ollachea, orla de bosques de ceja de selva, 3063 m, 19L 0339100-8469998, E. Linares & A. Galán 2793.
Otras citas publicadas: AN, AR, CU.

***Piso termotropical***

Intervalo altitudinal: 2500-1160 m.
Uso del territorio: caña de azúcar, bixa, plátano, papaya.
Nuevos registros:

***Cecropia francisci*** Snethl.

Pluvisilva montana de San Gabán, 2033 m, 19L 0342527-8484136, E. Linares & A. Galán 2724.
Otras citas publicadas: HU, LO, MD.

***Centropogon cornutus*** (L.) Druce

Pluvisilva montana de San Gabán, 1225 m, 19L 0343308-8494400. E. Linares & A. Galán 2654.
Otras citas publicadas: AM, CA, CU, HU, JU, LO, MD, PA, PI, SM, UC.

***Chusquea tessellata*** Munro

Pluvisilva montana de San Gabán, 2033 m, 19L 0342527-8484136. E. Linares & A. Galán 2644.
Otras citas publicadas: CU.

***Clusia weberbaueri*** Engl.

Pluvisilva montana de San Gabán, 2033 m, 19L 0342527-8484136. E. Linares & A. Galán 2642.
Otras citas publicadas: AM, SM.

***Columnea moesta*** Poepp.

Pluvisilva montana de San Gabán, 2033 m, 19L 0342527-8484136. E. Linares & A. Galán 2643.
Otras citas publicadas: CA, CU, HU.

***Elleanthus capitatus*** (Poepp. & Endl.) Rchb. f.

Pluvisilva montana de San Gabán, 2033 m, 19L 0342527-8484136, E. Linares & A. Galán 2725.
Otras citas publicadas: CU, JU, PA.

***Gurania capitata*** (Poepp. & Endl.) Cogn.

Orla herbácea de los bosques de San Gabán, 1225 m, 19L 0343308-8494400. E. Linares & A. Galán 2652.
Distribución en Perú: HU, JU, LO, MD, SM, UC.

***Melothria pendula*** L.

Orla herbácea de los bosques de San Gabán, 1225 m, 19L 0343308-8494400. E. Linares & A. Galán 2647.
Otras citas publicadas: AM, CA, CU, JU, LL, LO, SM, TU.

***Monopyle reflexa*** (Rusby) E. H. Roalson & Boggan

Cerca a San Gabán, orlas herbáceas del bosque, 1225 m, 19L 0343308-8494400, E. Linares & A. Galán 2771, Fig. 2D.
Otras citas publicadas: no conocemos registros del Perú (Bolivia, Brasil).

***Rubus boliviensis*** Focke

Cerca a San Gabán, forma la orla del bosque, 2033 m, 19L 0342527-8484136. E. Linares & A. Galán 2641, Fig. 3A.
Otras citas publicadas: PI.

***Salvia penduliflora*** Epling

En la orla del bosque cerca a San Gabán, 2033 m, 19L 0342527-8484136. E. Linares & A. Galán 2658.
Otras citas publicadas: AY, CU, HU.

***Piso infratropical***

Intervalo altitudinal: 1160-650 m.
Uso del territorio: caña de azúcar, bixa, plátano, papaya, aguaje.
Nuevos registros:

***Cecropia concolor*** Willd.

Cerca a San Gabán, en la pluvisilva amazónica, 1000 m, 19L 0343308-8494400, E. Linares & A. Galán 2726.
Otras citas publicadas: CU, MD.

## Agradecimientos

Este trabajo fue realizado gracias a las observaciones primarias que realizó uno de nosotros (E.L.P.) con el apoyo de la empresa Lahmeyer Agua y Energía S.A. Gracias a Hamilton Beltrán, que supervisó algunos de los ejemplares colectados, y a Julio Pinto, por su apoyo logístico. Andrea Galán Salazar mejoró los textos en inglés.

## Literatura citada

**Arteta, M; M. Corrales; C. Dávalos; A. Delgado, F. Sinca; L. Hernani & J. Bojórquez.** 2006. Plantas vasculares de la bahía de Juli, lago Titicaca, Perú. Ecología Aplicada 5(1,2): 29-36.

**Beltrán, H.; R. Foster & A. Galán de Mera.** 1999. Nuevas adiciones a la flora del Perú. Candollea 54: 57-64.

**Brako, L. & J.L. Zarucchi.** 1993. Catálogo de las Angiospermas y Gimnospermas del Perú. Missouri Botanical Garden. St. Louis.

**Galán de Mera, A.; M.V. Rosa & C. Cáceres.** 2002. Una aproximación sintaxonómica sobre la vegetación del Perú. Clases, órdenes y alianzas. Acta Bot. Malacitana 27: 75-103.

**Galán de Mera, A.; C. Cáceres & A. González.** 2003. Nuevas adiciones a la flora del Perú, III. Candollea 58: 325-337.

**Galán de Mera, A.; E. Linares; J. Campos & J.A. Vicente.** 2009. Nuevas observaciones sobre la vegetación del sur del Perú. Del Desierto Pacífico al Altiplano. Acta Bot. Malacitana 34: 107-144.

**Galán de Mera, A.; E. Linares; C. Trujillo & F. Villasante.** 2010. Termoclima y humedad en el sur del Perú. Bioclimatología y bioindicadores en el departamento de Arequipa. Zonas Áridas 14(1): 71-82.

**Galán de Mera, A.; E. Linares; J. Campos; C. Trujillo & J.A. Vicente.** 2012. Las comunidades vegetales relacionadas con los ambientes humanos en el sur del Perú. Phytocoenologia 41(4): 265-305.

**Herrera, F.L.** 1941. Sinopsis de la flora del Cuzco, I. Parte Sistemática. Lima.

**Huerta, R.** 2005. Q'Ero, el último ayllu inka. Instituto Nacional de Cultura-Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima.

**Linares, E.; J. Campos; W. Nauray; J.A. Vicente & A. Galán de Mera.** 2010. Nuevas adiciones a la flora del Perú, V. Arnaldoa 17(1): 99-112.

**Murra, J.V.** 2009. El mundo andino. Población, medio ambiente y economía. Instituto de Estudios Peruanos. Lima.

**Rivas-Martínez, S.; Ó. Tovar & A. Galán de Mera.** 1988. Pisos bioclimáticos y cultivos del Perú. ICI-INP. Madrid.

**Tovar, Ó.** 1993. Las gramíneas (Poaceae) del Perú. Ruizia 13: 9-474.

**Tropicos.org. Missouri Botanical Garden.** 2012. <www.tropicos.org>

**Ulloa Ulloa, C.; J.L. Zarucchi & B. León.** 2004. Diez años de adiciones a la flora del Perú. Arnaldoa (edición especial): 7-242.

*Arnaldoa* 19(1): 47 - 56, 2012 ISSN: 1815 - 8242

# Estructura y florística en cuatro tipos de bosque estacionalmente seco de Tumbes, Perú

## Structure and floristics in four types of seasonally dry forest of Tumbes, Peru

***Reynaldo Linares-Palomino***
Herbario Forestal MOL, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional Agraria La Molina, Apdo. 456, La Molina, Lima, PERÚ. pseudobombax@yahoo.co.uk

***Lenny García-Naranjo, Eduardo Cortez & Jano De Rutte***
Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional Agraria La Molina, Apdo. 456, La Molina, Lima, PERÚ.

***Marisela del Carmen Monzón-Ramos***
Universidad Nacional de Piura, PERÚ

***Gerald Pinedo-Alonso***
Raymondi 950,Pucallpa, PERÚ

## Resumen

Presentamos los resultados de inventarios botánicos a lo largo de un gradiente de humedad en los bosques estacionalmente secos de Tumbes, Perú. Instalamos cuatro parcelas de una hectárea cada una en cuatro tipos de bosque que iban desde versiones áridas hasta subhúmedas. Encontramos 68 especies con DAP ≥ 5 cm en las cuatro parcelas, donde dominaban las Leguminosae, aunque Capparaceae, Malvaceae y Rubiaceae también presentaron diversas especies. A nivel de parcela, Leguminosae seguía siendo la familia dominante. Las demás familias variaron según el gradiente de humedad, con más especies de Malvaceae más en las zonas más húmedas, reemplazadas por Capparaceae en las zonas más secas. La parcela ubicada en la zona más húmeda es hasta la fecha una de las más diversas y densas inventariadas en los bosques estacionalmente secos del norte Peruano (36 especies, 487 individuos con DAP ≥ 10 cm). Estamos aún lejos de conocer adecuadamente este tipo de bosques, y creemos que falta información de inventarios de zonas como la Reserva Nacional de Tumbes y la parte sur del Parque Nacional Cerros de Amotape. Sin embargo, la información que presentamos está contribuyendo a un mejor conocimiento de la composición y variabilidad espacial de este ecosistema, con el fin último de incentivar mayor investigación y contribuir a un mejor manejo y conservación de estos bosques.

**Palabras clave:** Bosque árido de colina, bosque semiárido de alta montaña, bosque semiárido de montaña, bosque subhúmedo de montaña, curvas de acumulación de especies, diversidad alfa, índice de valor de importancia, inventario, parcela

## Abstract

We present results from botanical inventories along a humidity gradient in the seasonally dry forests of Tumbes, Peru. We installed four one-hectare plots in four different forest types, which were characterized from arid to humid. We found 68 species with DBH ≥ 5 cm in all four plots, dominated by the Leguminosae, and followed by Capparaceae, Malvaceae and Rubiaceae, although with much lower richness levels. At plot level, Leguminosae was still the dominant family, followed by Malvaceae in the more humid forest and by Capparaceae in the drier forests. The plot located in the humid extreme of the gradient constitutes to date one of the most diverse and dense plots inventoried in the seasonally dry forests of northern Peru (36 species, 487 stems with DBH ≥ 10 cm). We consider that our knowledge of these forests is still inadequate, and that major gaps of knowledge exist from several areas in the Reserva Nacional de Tumbes and the south of the Parque Nacional Cerros de Amotape. The information we are presenting in this paper will contribute to a better understanding of the composition and spatial variability of this ecosystem, with the ultimate aim to stimulate further research and to contribute to a better management and conservation of these forests.

**Key words:** Alpha diversity, arid hill forest, importance value index, inventory, plot, semi-arid mountain forest, semi-arid high-mountain forest, species accumulation curves, subhumid mountain forest

## Introducción

Los inventarios de vegetación cuantitativos son ejercicios importantes porque proporcionan datos detallados sobre la estructura y composición del área que se está estudiando. Estos datos son una herramienta poderosa que, cuando son abundantes, geográficamente dispersos y se han obtenido siguiendo metodologías estándares, puede proveer información sobre temas fundamentales como la distribución de la diversidad específica (alfa) (ter Steege *et al.,* 2003), la historia evolutiva y biogeográfica de formaciones vegetales, ecosistemas y biomas (Bridgewater *et al.*, 2004). Existe un sesgo desproporcionado de estudios en los bosques tropicales húmedos y lluviosos, especialmente aquellos de la llanura amazónica, y un descuido preocupante de los bosques húmedos y nublados de montaña, de bosques estacionalmente secos y de sabanas. Muchas veces, estos bosques están más fragmentados, aislados y amenazados que los bosques tropicales húmedos y lluviosos (Miles *et al.*, 2006; Stoner & Sánchez-Azofeifa, 2009). Los bosques estacionalmente secos del Perú no son una excepción a esta situación (Portillo-Quintero & Sanchez-Azofeifa, 2010; Ektvedt, 2011) y a pesar del esfuerzo realizado por diversas instituciones e investigadores, especialmente en la costa norte (ver resumen en Linares-Palomino *et al.,* 2010), aun existen vacios de información.

La intención del presente trabajo es continuar contribuyendo a un mejor conocimiento de los bosques estacionalmente secos del norte peruano presentando información de inventarios cuantitativos de la vegetación leñosa.

## Material y Métodos

La zona de estudio comprende los bosques estacionalmente secos (BES) del Departamento de Tumbes, Perú (Fig. 1). En base a imágenes satélite, estratificamos la vegetación e identificamos cuatro tipos de BES, que corresponden a una gradiente de humedad y precipitación. De este a oeste identificamos (1) un bosque subhúmedo de montaña, ubicado sobre pendientes moderadas pero disectadas por quebradas (parcela Angostura, 3.804632°S, 80.276431°W, 333 msnm), (2) un bosque semiárido de montaña sobre pendientes moderadas y suelos no muy profundos (15 cm de profundidad en promedio), con abundante roca (parcela Huarapal, 3.770637°S, 80.345315°W, 149 msnm), (3) un bosque árido de colina baja sobre lomadas y suelos poco profundos (10 cm de profundidad aproximadamente), además de rocas y piedras (parcela Rica Playa I, 3.785557°S, 80.498285°W, 72 msnm), y (4) un bosque semiárido de alta montaña sobre pendientes moderadas y suelos no muy profundos (15 cm de profundidad en promedio) con presencia de rocas (parcela Rica Playa II, 3.832005°S, 80.569256°W, 355 msnm). Todas las parcelas se ubicaron sobre las crestas de las colinas, con excepción de la parcela Rica Playa I, que estaba ubicada en la parte baja de la ladera de una colina.

En cada tipo de bosque instalamos una parcela de una hectárea (100m x 100m), siguiendo la metodología de RAINFOR (2009). Cada parcela se dividió en 25 cuadrantes de 20m x 20m, y en cada cuadrante registramos y medimos todos los individuos con diámetro a la altura del pecho (DAP) ≥ 5cm. Identificamos las especies comunes directamente en el campo, y colectamos muestras botánicas de todas las especies desconocidas para su posterior identificación en el Herbario Forestal MOL de la Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima.

Con los datos del inventario calculamos posteriormente métricas comunes para el análisis estructural como densidad, área basal, frecuencia e índice de valor de importancia (IVI, siguiendo a Curtis & Mcintosh (1950, 1951)). Calculamos asimismo curvas de acumulación de especies, usando la información de los cuadrantes de 20m x 20m como submuestras para observar la eficacia de nuestro muestreo.

## Resultados

*Florística y riqueza de especies leñosas*

Encontramos 68 especies distribuidas entre las cuatro parcelas. De estas, pudimos identificar 51 hasta nivel de especie y seis a nivel de género. Once morfoespecies no pudieron ser identificadas porque no presentaban

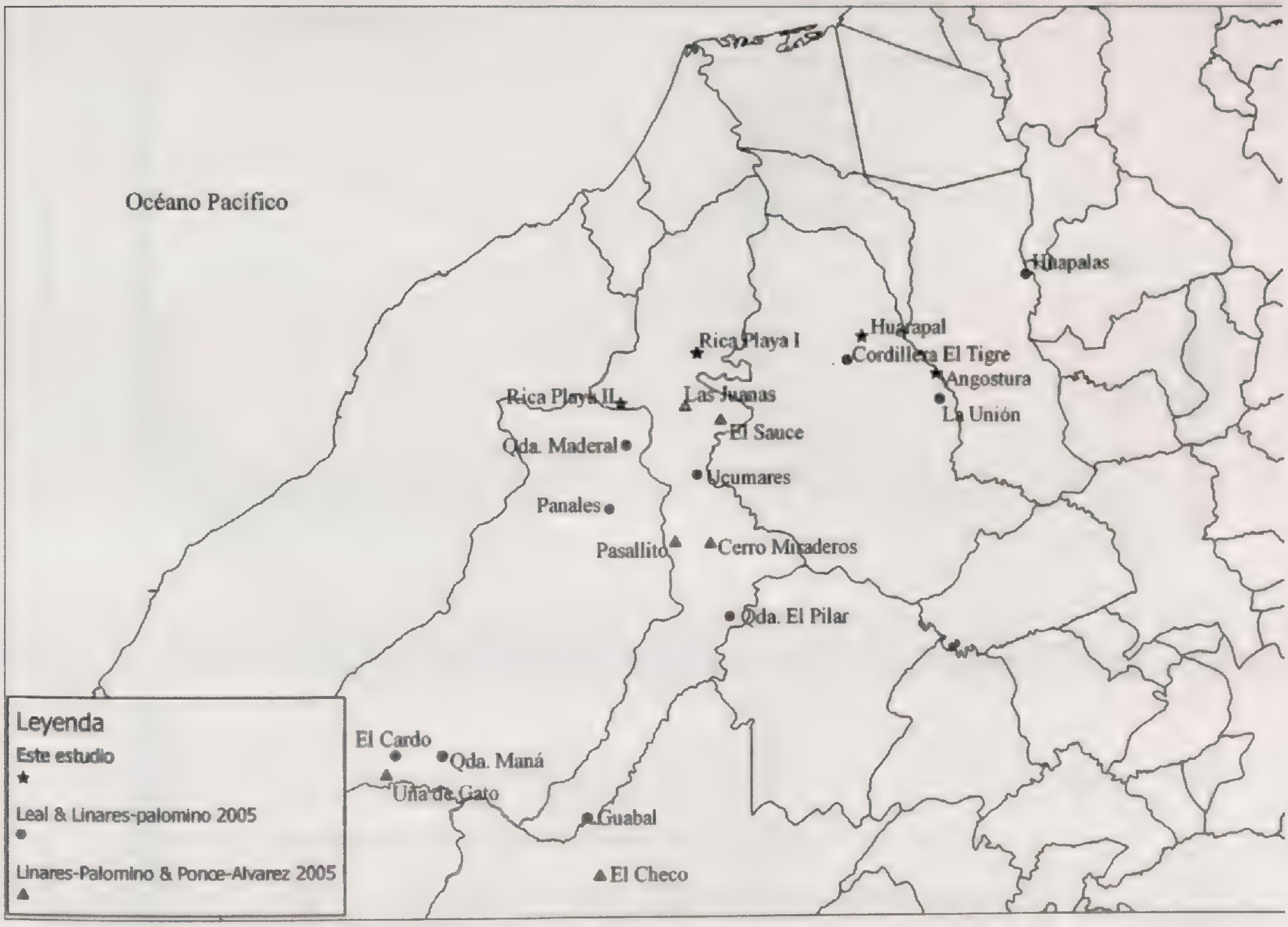



**Fig. 1.** Parcelas muestreadas en este estudio (estrellas) y parcelas de 1ha muestreadas en estudio previos (circulo: las parcelas de Leal & Linares-Palomino, 2005; triángulos: las parcelas de Linares-Palomino & Ponce-Alvarez, 2005) en los bosques estacionalmente secos de Tumbes.

estructuras adecuadas para asignarlas sin ambigüedad a un taxón debido a que el estudio se efectuó al final de la temporada seca (octubre y noviembre del 2010), y muchas especies son totalmente deciduas. La familia más diversa fue Leguminosae con 16 especies. Con cuatro especies le siguen Capparaceae, Malvaceae y Rubiaceae. En las parcelas individuales, Leguminosae es igualmente la familia dominante, siendo Malvaceae la segunda más diversa en las parcelas ubicadas en áreas más húmedas. Malvaceae es reemplazada en las áreas más secas por especies de la familia Capparaceae (Tabla 1).

La parcela más diversa fue Angostura con 50 especies y la única donde la curva de acumulación de especies no mostró señal de llegar a una asíntota. Las otras tres parcelas tuvieron entre 13 y 30 especies, y todas las curvas de acumulación de especies se estabilizaron después de muestrear alrededor de 15 subparcelas (Fig. 2).

*Estructura del bosque y dominancia*

Los valores de densidad (incluyendo individuos con varios troncos ) fueron más altos en la parcela de Huarapal (Tabla 3), donde dominó *Simira ecuadorensis* con aproximadamente el 50% del total de individuos, seguida de *Tabebuia chrysantha* y *Cochlospermun* vitifolium. Estas tres especies contribuyeron al 75% del total de individuos, 64% del área basal. En la parcela Angostura la especie más abundante fue *Celtis iguanaea* con el 26% de los individuos, seguida de *Alseis peruviana* y *Simira ecuadorensis* (Tabla 2). Estas tres especies contribuyeron con el 48% del total de individuos y el 25% del área basal. Otra especie importante fue *Cochlospermun vitifolium*, que contribuyó con el 29% del área basal. La parcela Rica Playa I fue la menos diversa y menos densa, y donde dominó *Coccoloba ruiziana* con 32% del total de individuos, seguida de *Tabebuia chrysantha* y *Cordia lutea*, con el 22% del total de individuos cada una.

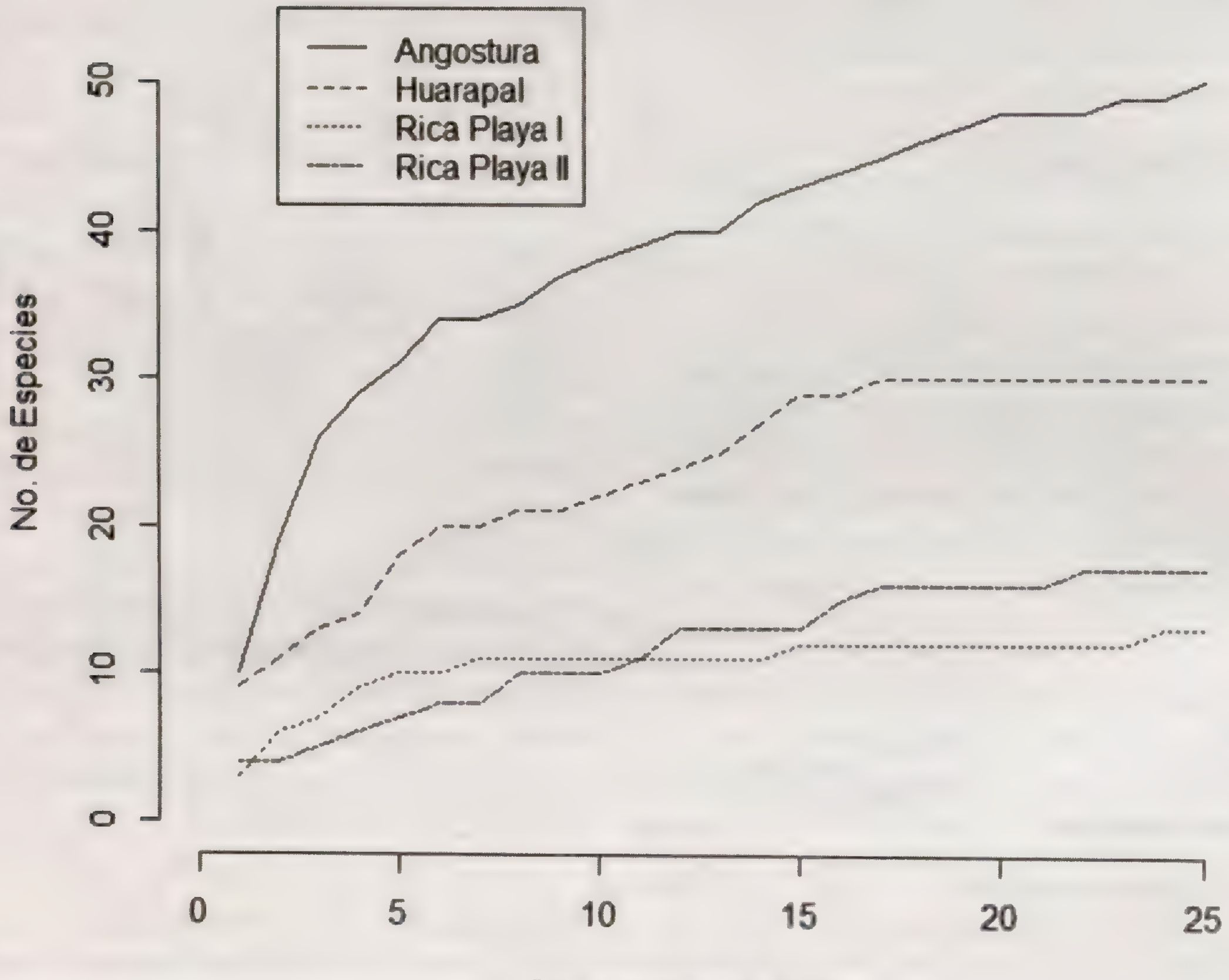



**Fig. 2.** Curvas de acumulación de especies para cuatro parcelas de una hectárea de los bosques estacionalmente secos de Tumbes.

Estas tres especies acumularon el 44% del área basal, a las que habría que añadir *Caesalpinia glabrata* (20% del área basal total). La parcela Rica Playa II tuvo como especies más abundantes a *Leucaena trichodes* (216 individuos) y *Tabebuia chrysantha* (214 individuos), que contribuyeron al 66% del total de individuos en la parcela y al 40% del área basal. En términos de área basal, es importante mencionar a *Caesalpinia glabrata*, que contribuyó al 22% del área basal.

El rango de valores de DAP disminuyó desde las parcelas Angostura (5-115 cm ) y Huarapal (5-105 cm) a las de Rica Playa I (4-45 cm) y Rica Playa II (5-50cm). El área basal fue máximo en Angostura (21.90 $m^2$) y Huarapal (19.30 $m^2$). Rica Playa II tuvo un área basal mucho menor con 9.11 $m^2$, siendo extremadamente baja en Rica Playa I con 4.5 $m^2$. Las cuatro parcelas mostraron una distribución de individuos por clase diamétrica con forma de J-invertida (Fig. 3) y las clases de DAP que contribuyeron más al área basal total fueron siempre las primeras, con excepción de la parcela en Angostura. En el caso de Angostura, fueron las clases 5-25 cm y 45-50 cm que contribuyeron con el 45.7% y 11.1% del área basal total, respectivamente. En Huarapal fueron las clases 5-35 cm contribuyendo con el 75% del área basal total. En Rica playa I fueron las clases 5-30 cm con el 78.7% del área basal total, mientras que en Rica Playa II fueron las clases 5-20 cm que contribuyeron con el 60.2% del área basal total.

Las relaciones entre la altura estimada de cada uno de los individuos y su diámetro mostraron una relación asintótica en todas las parcelas (Fig. 4). La altura presenta rangos mucho menores que el diámetro y es por ello que las figuras muestran patrones de dispersión sesgados hacía la derecha. Esto es especialmente evidente en Rica Playa I y Rica Playa II, donde individuos con alturas similares tienen variaciones más amplias en términos de diámetro.

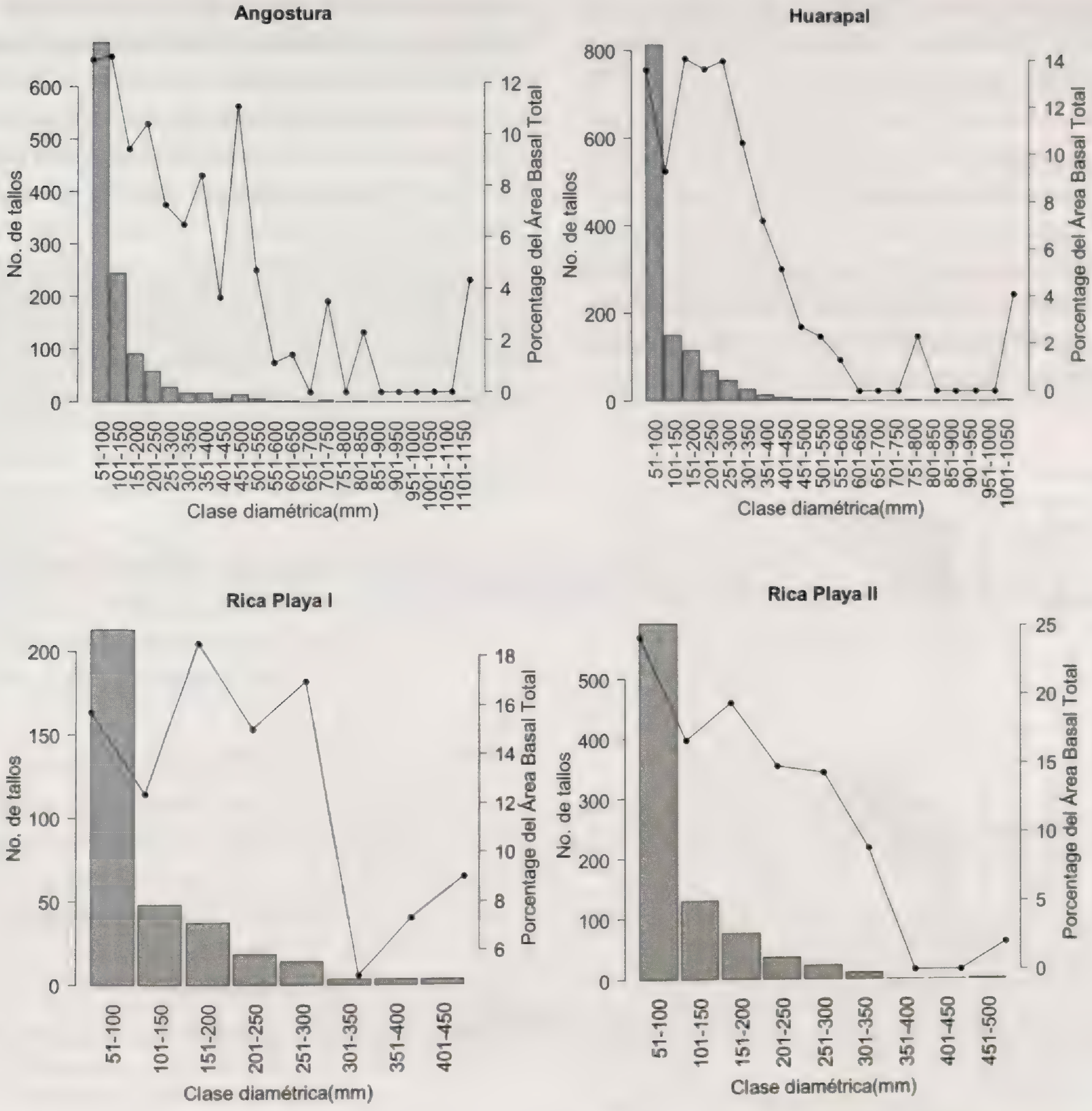



**Fig. 3.** Contribución del número de tallos (barras) y del porcentaje del área basal (línea) por clase diamétrica en parcelas de 1ha en cuatro variantes de bosque estacionalmente seco de Tumbes. Nótese las diferentes escalas de las ordenadas en cada gráfico.

## Discusión

Para poner en contexto los resultados de este estudio. Comparamos nuestros datos con dos estudios similares efectuados en los BES de Tumbes y Piura. Linares-Palomino & Ponce-Alvarez (2005) presentaron datos de inventario de seis parcelas de una hectárea dentro del Parque Nacional Cerros de Amotape, Leal-Pinedo & Linares-Palomino (2005) presentaron datos de 10 parcelas de una hectárea ubicadas en los BES de Piura y Tumbes. Ambos estudios realizaron el inventario incluyendo árboles con un DAP igual o mayor a 10cm. Nuestro estudio se diferencia, porque incluye individuos con un DAP igual o mayor a 5 cm. Para poder comparar los tres juegos de datos, restringimos la información de nuestras parcelas a los individuos con un DAP igual o mayor a 10cm. Conjuntamente, todos estos estudios contribuyen con información de inventario de 20 parcelas de una hectárea para los BES de la costa norte peruana (Tabla 6).

En cuanto a riqueza de especies, es de notar que la parcela de Angostura (36 especies y morfoespecies) es conjuntamente

con la parcela La Unión (37 especies y morfoespecies) una de las más diversas de todos estos bosques. La parcela Huarapal se sitúa con un grupo de parcelas que poseen alrededor de 20 especies. Las parcelas Rica Playa I y Rica Playa II se agrupan con parcelas más pobres en términos de números de especies. En cuanto a números de individuos por parcela (considerando a los individuos con más de un tronco como una sola planta), Angostura es claramente la que más troncos tiene (487 individuos), seguida de las parcelas Pasallitos (458) y Huarapal (430). Las parcelas en Rica Playa tienen densidades contrastantes. Mientras que Rica Playa II tiene una densidad relativamente alta, Rica Playa I está en el límite superior de las parcelas que menos densidad tienen. Finalmente, el índice alfa de Fisher separa claramente a las parcelas La Unión y Angostura como las más diversas, seguidas de un grupo de parcelas con valores alfa de Fisher entre 3 y 6, y otro grupo de parcelas muy pobres en especies y estructura con valores alfa de Fisher entre 2.5 y 1.0.

Debemos resaltar que si bien este estudio provee información de composición florística y estructural importante sobre los bosques estacionalmente secos en Tumbes, creemos que aún quedan vacios que deberán ser llenados con estudios

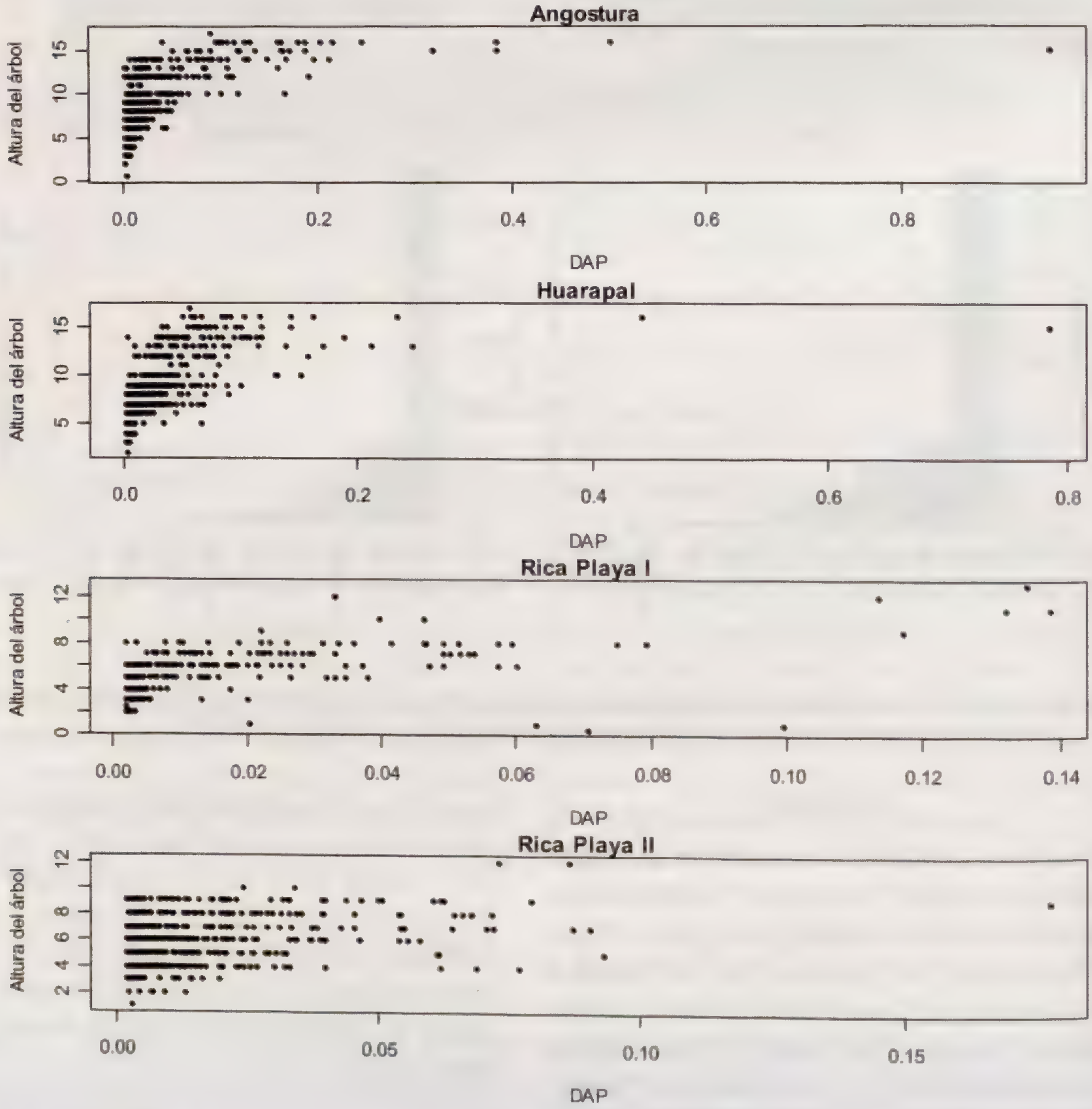



**Fig. 4.** Relación entre la altura y el área basal en parcelas de 1ha en cuatro variantes de bosque estacionalmente seco de Tumbes.

adicionales. De importancia serán principalmente los dos temas siguientes: (i) hacer colectas de especímenes fértiles. Durante esta salida, se ha confirmado un nuevo registro para la flora peruana, *Eriotheca roseorum* (Malvaceae), que ya estaba reportada para los bosques estacionalmente secos adyacentes en El Oro, Ecuador (Jørgensen & León-Yánez, 1999). (ii) completar la distribución espacial de parcelas de 1ha en los bosques estacionalmente secos de Tumbes. Será interesante obtener datos de inventarios cuantitativos de diversas zonas de la Reserva Nacional de Tumbes, así como de la parte sur del Parque Nacional Cerros de Amotape. De esta manera se podrá tener información florística distribuida a lo largo de una gradiente climática, elevacional y latitudinal que nos permitirá por un lado definir mejor los tipos de bosque estacionalmente seco en Tumbes, por otro lado explorar las causas de su variabilidad en riqueza de especies, composición y estructura. Ambos son aspectos que finalmente proveerán información que puede ayudar a enfocar las actividades de conservación y manejo en el área.

## Agradecimientos

CANDES y CORBIDI por apoyo logístico y por gestionar permisos de colecta, Alan García y Elio Madrid por apoyo en el campo, Patricia Huerta por trabajo de GIS y elaboración de mapas de vegetación.

## Literatura citada

**Bridgewater, S.; J. A. Ratter & J. F. Ribeiro.** 2004. Biogeographic patterns, β-diversity and dominance in the Cerrado Biome of Brazil. Biodiversity and Conservation 13: 2295-2318.

**Curtis, J. T. & R. P. Mcintosh.** 1950. The interrelations of certain analytic and synthetic phytosociological characters. Ecology 31: 434-455.

**Curtis, J. T. & R. P. Mcintosh.** 1951. An upland forest continuum in the prairie-forest border region of Wisconsin. Ecology 32: 476-496.

**Ektvedt, T. M.** 2011. Firewood consumption amongst poor inhabitants in a semiarid tropical forest: A case study from Piura, northern Peru. Norwegian Journal of Geography 65: 28-41.

**Jørgensen, P. M. & S. León-Yánez.** 1999. Catalogue of the Vascular Plants of Ecuador. Missouri Botanical Garden Press, St. Louis.

**Leal-Pinedo, J. M. & R. Linares-Palomino.** 2005. Los bosques secos de la Reserva de Biosfera del Noroeste (Diversidad arbórea y estado de conservación). Caldasia 27: 195-211.

**Linares-Palomino, R. & S. I. Ponce-Alvarez.** 2005. Tree community patterns in seasonally dry tropical forests in the Cerros de Amotape Cordillera, Tumbes, Peru. Forest Ecology and Management 209: 261-272.

**Linares-Palomino, R.; L. P. Kvist; Z. Aguirre-Mendoza & C. Gonzales-Inca.** 2010. Diversity and endemism of woody plant species in the Equatorial Pacific seasonally dry forests. Biodiversity and Conservation 19: 169-185.

**Miles, L.; A. C. Newton; R. S. DeFries; C. Ravilious, I. May; S. Blyth; V. Kapos & J. E. Gordon.** 2006. A global overview of the conservation status of tropical dry forests. Journal of Biogeography 33: 491-505.

**Portillo-Quintero, C. A. & G. A. Sánchez-Azofeifa.** 2010. Extent and conservation of tropical dry forests in the Americas. Biological Conservation 153: 144-155.

**RAINFOR (Amazon Forest Inventory Network).** 2009. RAINFOR field manual for plot establishment and remeasurement. Disponible en www.rainfor.org

**Stoner, K. E. & G. A. Sánchez-Azofeifa.** 2009. Ecology and regeneration of tropical dry forests in the Americas: Implications for management. Forest Ecology and Management 258: 903-906.

**Steege, H.; N. C. A. Pitman ; S. Sabatier; H. Castellanos, P. van der Hout; D. C. Daly; M. Silveira; O. Phillips, R. Vasquez; T. van Andel, J. Duivenvoorden, A. A. de Oliveira; R. C. Ek; R. Lilwah; R. A. Thomas, J. van Essen; C. Baider, P. M. J. Maas; S. A. Mori, S.A, J. Terborgh ;P. Nuñez-Vargas; H. Mogollón & W. Morawetz.** 2003. A spatial model of tree α-diversity and -density for the Amazon. Biodiversity and Conservation 12: 2255-2277.

Tabla 1. Diversidad y abundancia de plantas leñosas en cuatro parcelas de 1ha en los bosques estacionalmente secos de Tumbes

| | N°. Especies | N°. de Familias | Familias más diversas | N°. de tallos |
|---|---|---|---|---|
| Angostura | 50 | 22 | Leguminosae (13), Malvaceae (4) | 1171 |
| Huarapal | 30 | 12 | Leguminosae (11), Malvaceae (3) | 1243 |
| Rica Playa I | 13 | 10 | Leguminosae (3), Capparaceae (2) | 339 |
| Rica Playa II | 17 | 9 | Leguminosae (6), Capparaceae (3) | 874 |

Tabla 2. Estructura, abundancia y dominancia de especies leñosas en la parcela Angostura, Tumbes. Los tres valores más altos de cada variable se han resaltado en negritas. AB=área basal, F=frecuencia, D=densidad, AB.rel=área basal relativa, F.rel=frecuencia relativa, D.rel=densidad relativa, IVI=índice de valor de importancia.

| N. Común | Especie | Familia | AB | F | D | AB.rel | F.rel | D.rel | IVI |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Ciruelillo | cf. *Spondias mombin* | Anacardiaceae | 0.43 | 9 | 10 | 1.95 | 2.37 | 0.85 | 5.18 |
| Anonilla | *Anona muricata* | Annonaceae | 0.01 | 2 | 2 | 0.03 | 0.53 | 0.17 | 0.73 |
| Guayacan | *Tabebuia chrysantha* | Bignoniaceae | 0.35 | 13 | 26 | 1.60 | 3.43 | 2.22 | 7.26 |
| Polo polo | *Cochlospermun vitifolium* | Bixaceae | 6.30 | 22 | 56 | 28.82 | 5.80 | 4.78 | 39.40 |
| Palo Blanco | *Celtis iguanea* | Cannabaceae | 3.50 | 25 | 303 | 16.00 | 6.60 | 25.88 | 48.48 |
| NN03 | *Cynophalla sclerophylla* | Capparaceae | 0.02 | 5 | 6 | 0.10 | 1.32 | 0.51 | 1.94 |
| Huarapo | *Terminalia valverdeae* | Combretaceae | 0.12 | 1 | 1 | 0.55 | 0.26 | 0.09 | 0.90 |
| NN04 | cf. *Croton lechleri* | Euphorbiaceae | 0.01 | 1 | 1 | 0.02 | 0.26 | 0.09 | 0.37 |
| Negrito | *Ocotea aurantiadora* | Lauraceae | 0.10 | 10 | 18 | 0.46 | 2.64 | 1.54 | 4.64 |
| Faique | *Acacia macracantha* | Leguminosae | 0.37 | 3 | 4 | 1.71 | 0.79 | 0.34 | 2.84 |
| Bauhinia | *Bauhinia* sp. | Leguminosae | 0.36 | 17 | 58 | 1.66 | 4.49 | 4.95 | 11.10 |
| Charan blanco | Caesalpinia sp. | Leguminosae | 0.02 | 2 | 2 | 0.08 | 0.53 | 0.17 | 0.78 |
| Charan negro | *Caesalpinia glabrata* | Leguminosae | 0.00 | 1 | 1 | 0.02 | 0.26 | 0.09 | 0.37 |
| Amarillo | *Centrolobium ochroxylum* | Leguminosae | 0.06 | 1 | 3 | 0.28 | 0.26 | 0.26 | 0.80 |
| Porotillo | *Erythrina smithiana* | Leguminosae | 0.01 | 1 | 1 | 0.03 | 0.26 | 0.09 | 0.38 |
| Chapra | *Leucaena trichodes* | Leguminosae | 0.05 | 6 | 7 | 0.22 | 1.58 | 0.60 | 2.40 |
| Cabo de hacha | *Machaerium millei* | Leguminosae | 0.17 | 17 | 25 | 0.77 | 4.49 | 2.13 | 7.39 |
| Balsamo | *Myroxylon balsamum* | Leguminosae | 0.03 | 5 | 5 | 0.12 | 1.32 | 0.43 | 1.87 |
| Barbasco | *Piscidia carthagenensis* | Leguminosae | 0.51 | 16 | 26 | 2.31 | 4.22 | 2.22 | 8.75 |
| Quirquinche | *Pithecellobium excelsum* | Leguminosae | 0.03 | 8 | 8 | 0.14 | 2.11 | 0.68 | 2.93 |
| Angolo | *Pithecellobium multiflorum* | Leguminosae | 0.68 | 18 | 45 | 3.10 | 4.75 | 3.84 | 11.69 |
| Vainillo | *Senna spectabilis* | Leguminosae | 0.10 | 9 | 13 | 0.48 | 2.37 | 1.11 | 3.96 |
| Ceibo | *Ceiba trichistandra* | Malvaceae | 2.61 | 8 | 8 | 11.96 | 2.11 | 0.68 | 14.76 |
| Chahuano | *Eriotheca roseorum* | Malvaceae | 0.02 | 1 | 2 | 0.07 | 0.26 | 0.17 | 0.51 |
| Pasallo | *Eriotheca ruizii* | Malvaceae | 0.12 | 4 | 4 | 0.56 | 1.06 | 0.34 | 1.96 |
| Huasimo | *Guazuma ulmifolia* | Malvaceae | 0.87 | 14 | 35 | 3.98 | 3.69 | 2.99 | 10.67 |
| Palo sangre | *Brosimum* sp. | Moraceae | 0.40 | 8 | 19 | 1.84 | 2.11 | 1.62 | 5.58 |
| Mashonaste | cf. *Maclura tinctoria* | Moraceae | 0.24 | 5 | 8 | 1.10 | 1.32 | 0.68 | 3.10 |
| Guayaba | *Psidium guajava* | Myrtaceae | 0.01 | 1 | 1 | 0.06 | 0.26 | 0.09 | 0.40 |
| Pego pego | *Pisonia macranthocarpa* | Nyctaginaceae | 0.46 | 12 | 19 | 2.10 | 3.17 | 1.62 | 6.89 |
| Palo de ajo | *Gallesia integrifolia* | Phytolaccaceae | 0.27 | 6 | 7 | 1.21 | 1.58 | 0.60 | 3.40 |
| Añalque | *Coccoloba ruiziana* | Polygonaceae | 0.05 | 3 | 5 | 0.22 | 0.79 | 0.43 | 1.44 |
| Fernan Sanchez | *Triplaris cumingiana* | Polygonaceae | 0.15 | 8 | 12 | 0.66 | 2.11 | 1.02 | 3.80 |
| Ebano | *Zizipus thyrsiflora* | Rhamnaceae | 0.12 | 3 | 5 | 0.57 | 0.79 | 0.43 | 1.79 |
| Palo de vaca | *Alseis peruviana* | Rubiaceae | 1.24 | 21 | 145 | 5.67 | 5.54 | 12.38 | 23.59 |
| Crucerito | *Randia armata* | Rubiaceae | 0.02 | 4 | 7 | 0.09 | 1.06 | 0.60 | 1.74 |
| Huapala | *Simira ecuadorensis* | Rubiaceae | 0.58 | 19 | 117 | 2.66 | 5.01 | 9.99 | 17.66 |
| Checo | *Sapindus saponaria* | Sapindaceae | 0.23 | 6 | 9 | 1.07 | 1.58 | 0.77 | 3.42 |
| Colorado | cf. *Pradosia montana* | Sapotaceae | 0.53 | 14 | 16 | 2.44 | 3.69 | 1.37 | 7.50 |
| Caimitillo | *Chrysophyllum caimito* | Sapotaceae | 0.03 | 1 | 1 | 0.15 | 0.26 | 0.09 | 0.50 |
| Chinchin | *Acnistus arborescens* | Solanaceae | 0.03 | 2 | 6 | 0.14 | 0.53 | 0.51 | 1.18 |
| Tallo cuadrado | *Aegiphila integrifolia* | Verbenaceae | 0.01 | 2 | 2 | 0.03 | 0.53 | 0.17 | 0.73 |
| Alado | | | 0.03 | 1 | 1 | 0.12 | 0.26 | 0.09 | 0.47 |
| Cacho de toro | | | 0.04 | 2 | 2 | 0.18 | 0.53 | 0.17 | 0.88 |
| Dos espinas | | | 0.16 | 18 | 45 | 0.71 | 4.75 | 3.84 | 9.31 |
| Hoja sentada | | | 0.01 | 3 | 3 | 0.05 | 0.79 | 0.26 | 1.10 |
| NN* | | | 0.38 | 15 | 62 | 1.75 | 3.96 | 5.29 | 11.00 |
| NN01 | | | 0.00 | 1 | 1 | 0.02 | 0.26 | 0.09 | 0.37 |
| NN02 | | | 0.01 | 2 | 3 | 0.06 | 0.53 | 0.26 | 0.84 |
| Palo lija | | | 0.01 | 3 | 5 | 0.06 | 0.79 | 0.43 | 1.28 |
| | | | 21.86 | 379 | 1171 | 100 | 100 | 100 | 300 |

Tabla 3. Estructura, abundancia y dominancia de especies leñosas en la parcela Huarapal, Tumbes. Los tres valores más altos de cada variable se han resaltado en negritas. AB=área basal, F=frecuencia, D=densidad, AB.rel=área basal relativa, F.rel=frecuencia relativa, D.rel=densidad relativa, IVI=índice de valor de importancia.

| N. Común | Especie | Familia | AB | F | D | AB.rel | F.rel | D.rel | IVI |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Madero | *Tabebuia bilbergii* | Bignoniaceae | 0.04 | 3 | 3 | 0.23 | 1.32 | 0.24 | 1.79 |
| Guayacan | *Tabebuia chrysantha* | Bignoniaceae | 4.48 | 25 | 208 | 23.22 | 10.96 | 16.73 | 50.92 |
| Polo polo | *Cochlospermun vitifolium* | Bixaceae | 6.10 | 22 | 126 | 31.59 | 9.65 | 10.14 | 51.38 |
| Overal | *Cordia lutea* | Boraginaceae | 0.01 | 2 | 2 | 0.07 | 0.88 | 0.16 | 1.11 |
| Palo santo | *Bursera graveolens* | Burseraceae | 0.11 | 2 | 2 | 0.54 | 0.88 | 0.16 | 1.58 |
| Margarito | *Capparis flexuosa* | Capparaceae | 0.00 | 1 | 1 | 0.01 | 0.44 | 0.08 | 0.53 |
| NN3 | *Cynophalla sclerophylla* | Capparaceae | 0.18 | 20 | 54 | 0.94 | 8.77 | 4.34 | 14.06 |
| Coquito | *Erythroxylum glaucum* | Erythroxylaceae | 0.27 | 16 | 59 | 1.38 | 7.02 | 4.75 | 13.14 |
| Charan negro | *Caesalpinia glabrata* | Leguminosae | 0.44 | 9 | 9 | 2.29 | 3.95 | 0.72 | 6.96 |
| Charan blanco | *Caesalpinia* sp. | Leguminosae | 0.47 | 17 | 33 | 2.43 | 7.46 | 2.65 | 12.55 |
| Serrilla | cf. *Piptadenia flava* | Leguminosae | 0.05 | 11 | 16 | 0.26 | 4.82 | 1.29 | 6.37 |
| Porotillo | *Erythrina smithiana* | Leguminosae | 0.04 | 1 | 1 | 0.19 | 0.44 | 0.08 | 0.71 |
| Almendro | *Geoffroya spinosa* | Leguminosae | 0.05 | 1 | 1 | 0.25 | 0.44 | 0.08 | 0.77 |
| Jacquinia | *Jacquinia* sp. | Leguminosae | 0.01 | 1 | 1 | 0.03 | 0.44 | 0.08 | 0.55 |
| Chapra | *Leucaena trichodes* | Leguminosae | 0.02 | 4 | 5 | 0.11 | 1.75 | 0.40 | 2.27 |
| Barbasco | *Piscidia carthagenensis* | Leguminosae | 0.29 | 18 | 36 | 1.49 | 7.89 | 2.90 | 12.28 |
| Quirquinche | *Pithecellobium excelsum* | Leguminosae | 0.02 | 3 | 3 | 0.08 | 1.32 | 0.24 | 1.64 |
| Angolo | *Pithecellobium multiflorum* | Leguminosae | 0.21 | 6 | 9 | 1.08 | 2.63 | 0.72 | 4.43 |
| Vainillo | *Senna spectabilis* | Leguminosae | 0.06 | 7 | 8 | 0.33 | 3.07 | 0.64 | 4.05 |
| Ceibo | *Ceiba trichistandra* | Malvaceae | 2.89 | 8 | 33 | 14.99 | 3.51 | 2.65 | 21.15 |
| Chahuano | *Eriotheca roseorum* | Malvaceae | 1.28 | 7 | 13 | 6.62 | 3.07 | 1.05 | 10.74 |
| Pasallo | *Eriotheca ruizii* | Malvaceae | 0.29 | 4 | 4 | 1.52 | 1.75 | 0.32 | 3.59 |
| Verano | *Bougainvillea* sp. | Nyctaginaceae | 0.00 | 2 | 2 | 0.02 | 0.88 | 0.16 | 1.06 |
| Pego pego | *Pisonia macranthocarpa* | Nyctaginaceae | 0.04 | 1 | 1 | 0.20 | 0.44 | 0.08 | 0.72 |
| Añalque | *Coccoloba ruiziana* | Polygonaceae | 0.01 | 3 | 3 | 0.04 | 1.32 | 0.24 | 1.60 |
| Ebano | *Zizipus thyrsiflora* | Rhamnaceae | 0.06 | 5 | 5 | 0.30 | 2.19 | 0.40 | 2.89 |
| Palo de vaca | *Alseis peruviana* | Rubiaceae | 0.01 | 1 | 1 | 0.04 | 0.44 | 0.08 | 0.56 |
| Huapala | *Simira ecuadorensis* | Rubiaceae | 1.85 | 25 | 597 | 9.57 | 10.96 | 48.03 | 68.57 |
| NN | | | 0.01 | 1 | 2 | 0.04 | 0.44 | 0.16 | 0.64 |
| NN10 | | | 0.02 | 2 | 5 | 0.11 | 0.88 | 0.40 | 1.39 |
| | | | 19.30 | 228 | 1243 | 100 | 100 | 100 | 300 |

Tabla 4. Estructura, abundancia y dominancia de especies leñosas en la parcela Rica Playa I, Tumbes. Los tres valores más altos de cada variable se han resaltado en negritas. AB=área basal, F=frecuencia, D=densidad, AB.rel=área basal relativa, F.rel=frecuencia relativa, D.rel=densidad relativa, IVI=índice de valor de importancia.

| N. Común | Especie | Familia | AB | F | D | AB.rel | F.rel | D.rel | IVI |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Hualtaco | Loxopterygium huasango | Anacardiaceae | 1.00 | 8 | 14 | 22.27 | 9.64 | 4.13 | 36.04 |
| Guayacan | Tabebuia chrysantha | Bignoniaceae | 1.35 | 15 | 75 | 30.00 | 18.07 | 22.12 | 70.20 |
| Overo | Cordia lutea | Boraginaceae | 0.31 | 12 | 75 | 6.79 | 14.46 | 22.12 | 43.37 |
| Palo santo | Bursera graveolens | Burseraceae | 0.46 | 6 | 10 | 10.11 | 7.23 | 2.95 | 20.29 |
| Armatocereus | Armatocereus cartwrigthianus | Cactaceae | 0.05 | 1 | 1 | 1.05 | 1.20 | 0.29 | 2.55 |
| Margarito | Capparis flexuosa | Capparaceae | 0.01 | 1 | 1 | 0.30 | 1.20 | 0.29 | 1.80 |
| Sapote | Colicodendron angulatum | Capparaceae | 0.09 | 4 | 5 | 2.08 | 4.82 | 1.47 | 8.38 |
| Charan negro | Caesalpinia glabrata | Leguminosae | 0.87 | 15 | 43 | 19.25 | 18.07 | 12.68 | 50.01 |
| Almendro | Geoffroea spinosa | Leguminosae | 0.01 | 1 | 1 | 0.29 | 1.20 | 0.29 | 1.79 |
| Algarrobo | Prosopis pallida | Leguminosae | 0.02 | 1 | 1 | 0.55 | 1.20 | 0.29 | 2.05 |
| Verano | Bougainvillea sp. | Nyctaginaceae | 0.02 | 2 | 3 | 0.43 | 2.41 | 0.88 | 3.72 |
| Añalque | Coccoloba ruiziana | Polygonaceae | 0.31 | 16 | 109 | 6.78 | 19.28 | 32.15 | 58.22 |
| Shibillo | Sphinctanthus auriantiacus | Rubiaceae | 0.00 | 1 | 1 | 0.09 | 1.20 | 0.29 | 1.59 |
| | | | 4.50 | 83 | 339 | 100 | 100 | 100 | 300 |

Tabla 5. Estructura, abundancia y dominancia de especies leñosas en la parcela Rica Playa II, Tumbes. Los tres valores más altos de cada variable se han resaltado en negritas. AB=área basal, F=frecuencia, D=densidad, AB.rel=área basal relativa, F.rel=frecuencia relativa, D.rel=densidad relativa, IVI=índice de valor de importancia.

| N. Común | Especie | Familia | AB | F | D | AB.rel | F.rel | D.rel | IVI |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Hualtaco | *Loxopterygium huasango* | Anacardiaceae | 0.77 | 10 | 15 | 8.38 | 6.67 | 1.72 | 16.76 |
| Guayacan | *Tabebuia chrysantha* | Bignoniaceae | 2.18 | 17 | 214 | 23.71 | 11.33 | 24.51 | 59.55 |
| Polo polo | *Cochlospermun vitifolium* | Bixaceae | 0.57 | 12 | 20 | 6.14 | 8.00 | 2.29 | 16.44 |
| Overal | *Cordia lutea* | Boraginaceae | 0.30 | 8 | 68 | 3.25 | 5.33 | 7.79 | 16.37 |
| Palo santo | *Bursera graveolens* | Burseraceae | 0.96 | 14 | 37 | 10.45 | 9.33 | 4.24 | 24.02 |
| Armatocereus | *Armatocereus cartwrigthianus* | Cactaceae | 0.04 | 2 | 2 | 0.41 | 1.33 | 0.23 | 1.98 |
| Margarito | *Capparis flexuosa* | Capparaceae | 0.07 | 4 | 5 | 0.73 | 2.67 | 0.57 | 3.97 |
| Caparis | *Capparis* sp. | Capparaceae | 0.02 | 1 | 1 | 0.17 | 0.67 | 0.11 | 0.96 |
| Sapote | *Colicodendron angulatum* | Capparaceae | 0.06 | 1 | 1 | 0.67 | 0.67 | 0.11 | 1.45 |
| Aserria | cf. *Piptadenia flava* | Leguminosae | 0.58 | 20 | 153 | 6.31 | 13.33 | 17.53 | 37.16 |
| Chapra | *Leucaena trichodes* | Leguminosae | 0.90 | 24 | 216 | 9.79 | 16.00 | 24.74 | 50.53 |
| Quirquinche | *Pithecellobium excelsum* | Leguminosae | 0.02 | 2 | 7 | 0.21 | 1.33 | 0.80 | 2.34 |
| Algarrobo | *Prosopis pallida* | Leguminosae | 0.05 | 3 | 4 | 0.56 | 2.00 | 0.46 | 3.02 |
| Charan Blanco | *Caesalpinia* sp. | Leguminosae | 0.65 | 8 | 39 | 7.09 | 5.33 | 4.47 | 16.89 |
| Charan negro | *Caesalpinia glabrata* | Leguminosae | 2.01 | 20 | 83 | 21.85 | 13.33 | 9.51 | 44.70 |
| Añalque | *Coccoloba ruiziana* | Polygonaceae | 0.02 | 2 | 6 | 0.23 | 1.33 | 0.69 | 2.25 |
| NN12 | | | 0.01 | 2 | 2 | 0.06 | 1.33 | 0.23 | 1.62 |
| | | | 9.20 | 150 | 873 | 100 | 100 | 100 | 300 |

Tabla 6. Índices de diversidad de 20 parcelas de una hectárea en los bosques estacionalmente secos Tumbes y Piura (DAP ≥ 10cm). Negritas, subrayado e itálicas muestran los primeros, segundos y terceros valores más altos, respectivamente.

| | Uña de gato | Pasallito | Miraderos | El Sauce | Las Juanas | El Checo | El Cardo | Quebrada Maderal | Guabal | Ucumares | Hormigas | Panales | Quebrada El Pilar | La Unión | Cordillera el Tigre | Huapalas | Angostura | Huarapal | Rica Playa I | Rica Playa II |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Fuente | a | a | a | a | a | a | b | b | b | b | b | b | b | b | b | b | c | c | c | c |
| Taxones (n) | 6 | 24 | 22 | 17 | 10 | 18 | 8 | 5 | 23 | 18 | 15 | 11 | 10 | 37 | 24 | 21 | 36 | 22 | 10 | 14 |
| Individuos (n) | 97 | 458 | 306 | 259 | 47 | 320 | 74 | 31 | 242 | 376 | 221 | 112 | 153 | 399 | 367 | 287 | 487 | 430 | 87 | 276 |
| Alfa Fisher | 1.4 | 5.4 | 5.4 | 4.1 | 3.9 | 4.1 | 2.3 | 1.7 | 6.3 | 3.9 | 3.6 | 3.0 | 2.4 | 10.0 | 5.8 | 5.2 | 9.0 | 4.9 | 2.9 | 4.3 |

Índices de diversidad Alfa de Fischer $\alpha$: $S=\alpha*\ln(1+n/\alpha)$. Fuentes: a - Linares-Palomino & Ponce Álvarez (2005), b - Leal-Pinedo & Linares-Palomino (2005), c - Este estudio.

*Arnaldoa* 19(1): 57 - 64, 2012 ISSN: 1815 - 8242

# Palynological morphology of Valerianaceae and Nymphaeaceae in Jordan

## Morfología palinológica de las Valerianaceae y Nymphaceae en Jordania

*Saleh A. Al-Quran*

Department of Biology, M'utah University, P.O.Box26, Karak, JORDAN. *salquran2@yahoo.com*

## Abstract

4 *Valerianella* and two *Nymphaea* species were investigated palynologically by LM and SEM. Pollen morphological characters have been recognized for these species. The pollen class of all specimens investigated have colpate or zonocolpate. Elliptic, circular to sub-rhombic is the pollen outline as equatorial view, while circular with small colpi as polar view for all species investigated. Very close similarities in P,E and P/E ratio measurements, aperture, exine and ornamentation were observed among all species of *Valerianella* and *Nymphaea* examined. Palynological investigation cannot be depend upon as concrete evidence in taxonomy for delimitation of *Valerianella*.

**Key words**:*Valerianella, Nymphaea,* Exine, pollen class, aperture, pollen ornamentation.

## Resumen

4 especies de *Valerianella* y dos especies *Nymphaea* fueron investigadas palinológicamente por LM y SEM. Caracteres morfológicos del polen han sido reconocidos para estas especies. La clase de polen de todas las muestras investigadas fueron colpado o zonocolpado. Desde la vista ecuatorial se muestran de forma elíptica, circular a sub-romboidal, mientras que desde la vista polar se denotan circulares y con pequeñas colpas para todas las especies investigadas. Se observó muy estrecha similitud en relación a las mediciones de P, E y P / E, apertura, exina y ornamentación entre todas las especies de *Nymphaea* y *Valerianella* examinados. La Investigación palinológica no sería una prueba taxonomíca concreta para la delimitación de Valerianella.

**Palabras clave**: *Valerianella*, *Nymphaea*, Exina, clase de polen, apertura, ornamentación del polen.

## Introducción

Valerianaceae in Jordan has only two genera, *Valeriana* and *Valerianella,* plant morphological evidence sometimes to depend upon alone is not sufficient to delimit *Valerianella* species which made this palynonlgical study is necessary( Al-Eisawi, 1982; Karim and Al-Quran, 1988; Zohary, 1973).

Nymphaeaceae is considered from the most primitive families of the angiosperms, it's pollen grains are bilaterally symmetrical and have a single aperture, these characters are mainly associated with pollen of gymnosperms or monocots, no columella but instead a granular layer within the thickness of exine (another evidence of primitive), the apertures are in distal face of the grain and not run from pole to pole, they are sulci, so the aperture is sulcus rather than colpus. Ornamentation on the operculum is not the same as that on the rest of the exine which make some confusion in taxonomy and delimitations.The family is represented in Jordan by one species only *Nuphar lutea* Sibth & Sm which is also well known as *Nymphaea lutea* L. (Erdtman, 1960; Faegari & Iverson, 1975; Larson & Barett, 2000; Nowicke, 1999; Premathilake, 1999; Stenzel, 2000; Van Wichelen, 1999; Victor &Van Wyk, 1999-2001; Villodre & Giarcia-Jacas, 2000).

The basic structure of pollen grains in both families is well-known, and many publications gave descriptions and keys for those studied as guidelines for the others. The palynological terms and expressions used by different researchers and investigators sometimes are making confusion and misleading, because each one is oriented to express his results by special terms, at

many times not used by previous investigators. The aperture in valerianacean pollen grains is a complex structure and varies from species to species, while in nymphaean species as discussed before is sulcus rather than colpus (Davis *et al.*, 1963; Davis, 1969; Delaporte, 2001; Feinbrun *et al.,* 1959; Golovko, 1997; Halwagy & Halwagy, 1984).

The colpi sometimes are bounded by external margin which appears as halo under LM, this is occurring because of special structure or space like girdle or band formed that separates colpi margins from the other parts of the mesocolpium (Mathias-Maser, 1997; Mishra, 2002; Moore & Web, 1978; Osborn, 2000; Panajiotidis, 2000; Pardo, 2000).

Pollen class in valerianaceae and nymphaeacean species is point of confusion and disagreement between the previous workers dealing with pollen endo and ecto-apertures (5-6,14,18-20), some of them were using colpate term, others were using colporate, while the third group was using colporoidate since of the clear separation which make the area between differentiated exine and the apertures in form of two wall layers (Recau-Larrival, 1996; Roque & Silvestre-Capelato, 2001).

Echinae or micro-echinae in form of spine-like projections which give the pollen exine an ornamental view may be depend upon as an important distinguishing character in delimitation, but even these pollen exine structures are points of variation and contradictory terms. The best example for these things came after using SEM, some investigators described micro-echinae as scabrae (Suarez-Cervera, 2001; Van Der Ham, 2001).

Recent investigations in pollen grains were trying to study them as a major component in biological aerosol particles of the atmosphere and their applications, while others were trying to use the pollen grains as new bioindicator for pollution. But the major type of investigations was using the ancient deposited pollen grains as realistic palynological evidence in paleobotany in documentation of extincted plant species in fossil records, because of the very hard outer layer (sporopollenin) which tolerates the harsh environmental conditions (Erdtman, 1960; Faegari & Iverson, 1975).

The purpose of this study is trying to use the pollen morphology to investigate the studied pollen grains as palynological evidence to support this view in taxonomy and differentiation between *Nymphaea* and *Valerianella,* and also in delimitation of *Valerianella* species in Jordan, depending on concrete palynological structures or measurements valid to this purpose since this family is not yet understood, which is helpful also to give an illustrated guide to pollen grains of valerianaceae and nymphaeaceae (Al-Eisawi & Dajani, 1983; Al-Quran, 2004).

## Materials and Methods

Fresh polliniferous material was collected from fresh specimens belonging to 4 *Valerianella* species and one species of *Nymphaea* by using field collecting tools (small plant breeding brushes and small field vials) introduced to the laboratory to be studied.

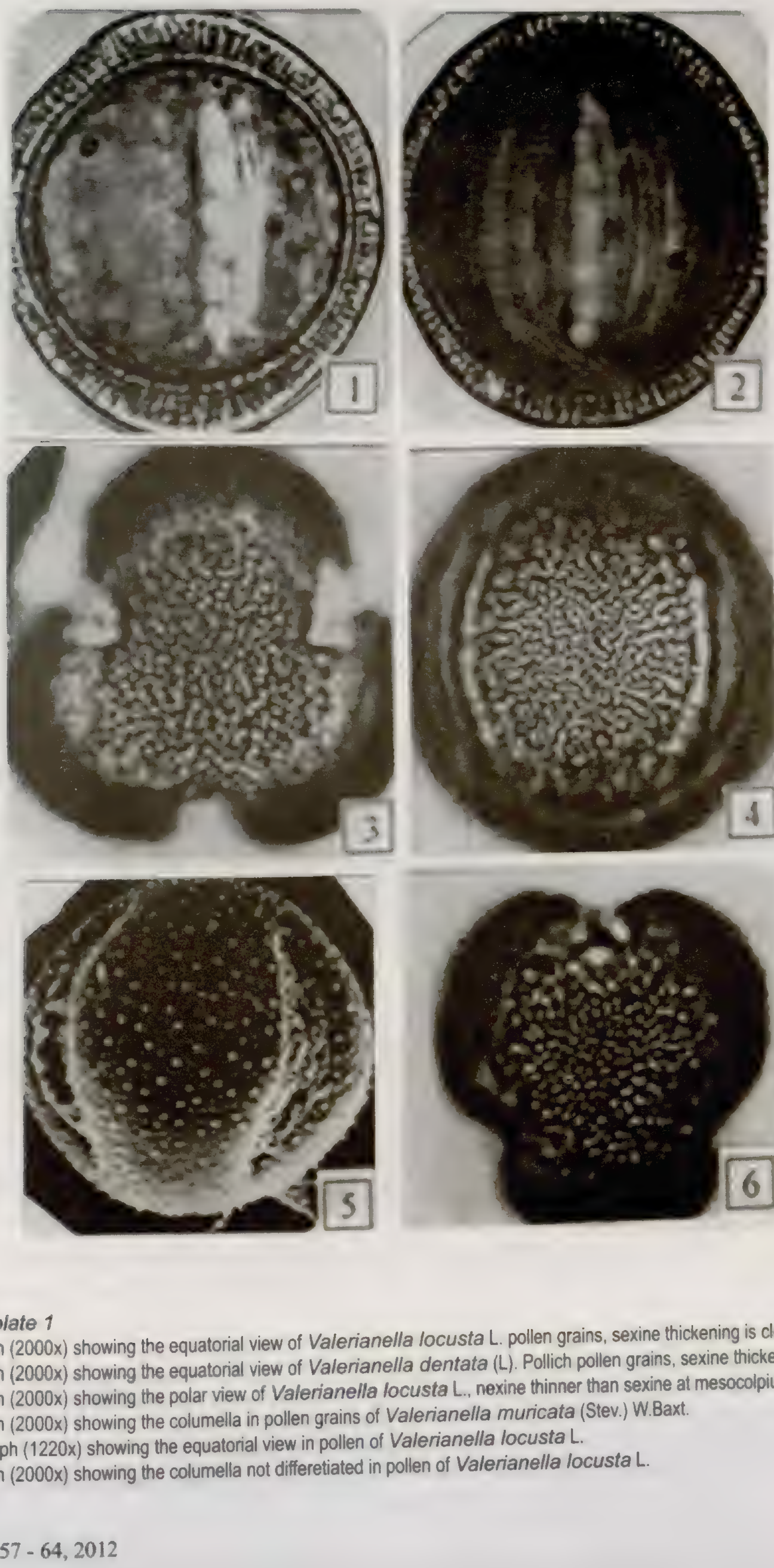
For LM studies, the material was prepared according to acetolysis method of Erdtman (1960) and Faegari &Iverson (1975), 4 duplicates for each species were prepared and 6 slides from each were made. LM micrographs and measurements were taken by using Nikon HFX-11 microscope using ocular micrometer scale by glycerin Jelly method.

For SEM studies, the treated pollen grains by acetolysis method were coated by carbon layer first, then by gold layer to increase the conduction and electron yield rates, micrographs were taken by SEM

## Results and Discussion

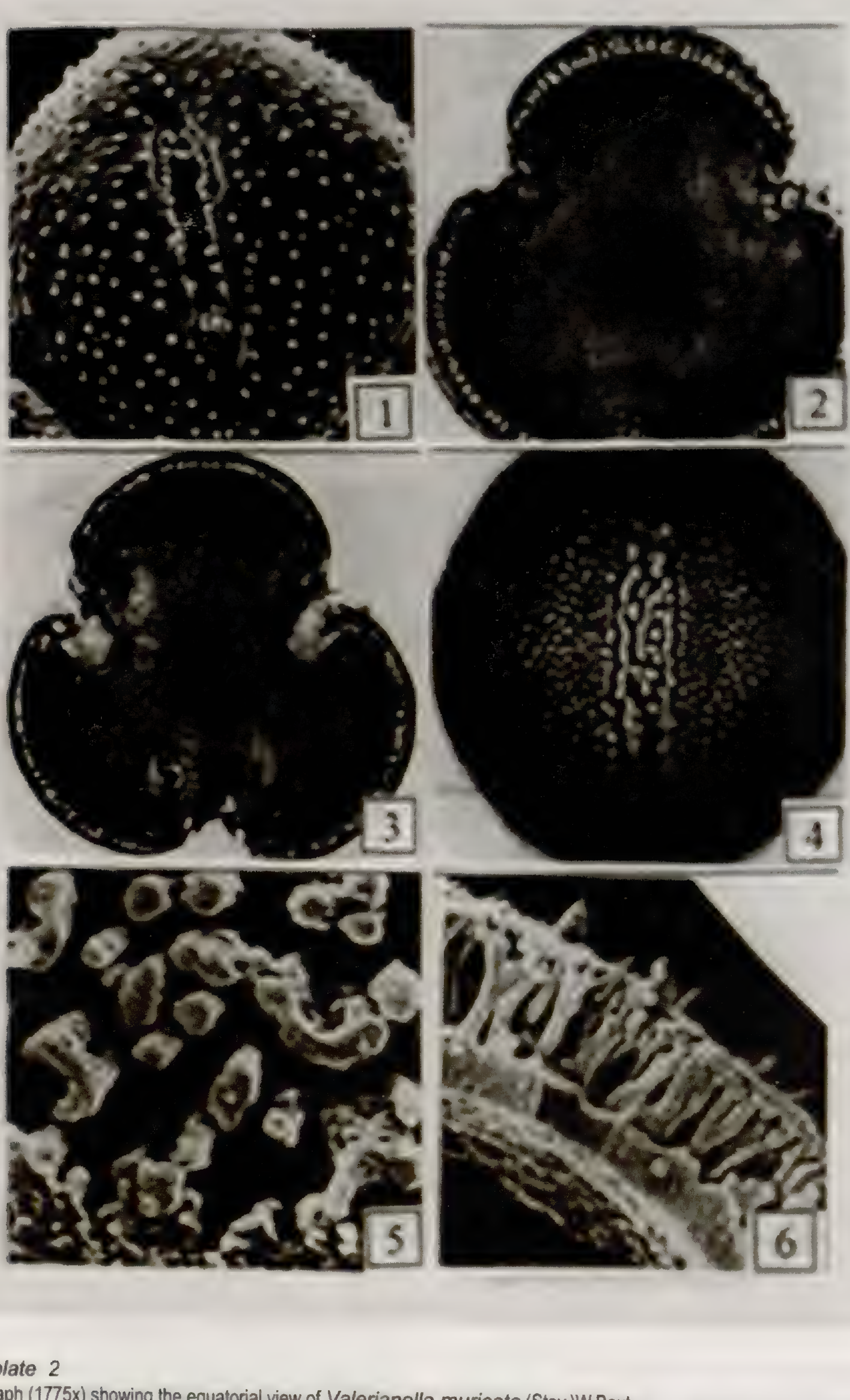
All palynological structures and measurements for *Valerianella* and *Nymphaea* pollen grains concerning pollen outline, pollen class, P/E ratio, aperture, exine and ornamentation were given in the table 1.

By depending on pollen outline, it is obvious that this palynological structure cannot be depend upon to delimit between *Valerianella* species, because all of them were elliptic to sub-rhombic in equatorial view, and circular with very minute colpi in polar view




*Valerianella plate 1*

1. LM micrograph (2000x) showing the equatorial view of *Valerianella locusta* L. pollen grains, sexine thickening is clearly seen.
2. LM micrograph (2000x) showing the equatorial view of *Valerianella dentata* (L). Pollich pollen grains, sexine thickening is clearly seen.
3. LM micrograph (2000x) showing the polar view of *Valerianella locusta* L., nexine thinner than sexine at mesocolpium.
4. LM micrograph (2000x) showing the columella in pollen grains of *Valerianella muricata* (Stev.) W.Baxt.
5. SEM micrograph (1220x) showing the equatorial view in pollen of *Valerianella locusta* L.
6. LM micrograph (2000x) showing the columella not differetiated in pollen of *Valerianella locusta* L.




*Valerianella plate 2*

1. SEM micrograph (1775x) showing the equatorial view of *Valerianella muricata* (Stev.)W.Baxt.
2. LM micrograph (2000x) showing the polar view, nexine is thinner than sexine at mesocolpium in *Valerianella locusta* L.
3. LM micrograph (2000x) showing the polar view, sexine and nexine with the same thickening in in *Valerianella dentata* (L).pollich
4. LM micrograph (2000x) showing the colpus with pale margins in *Valerianella dentata* (L.) Pollich.
5. SEM micrograph (2200x) showing section in columella in pollen of *Valerianella dentata* (L). Pollich
6. SEM micrograph (1100x) showing section through exine with columella in pollen of *Valerianella coronata* (L.) DC.

Pollen class in *Valerianella* species cannot be depend upon also, because by looking to the micrographs obtained, it is clear that all *Valerianella* species were either 3- or 4- zonocolpate, so the difference in the number of zonocolpates is not concrete palynological evidence to depend upon to delimit between *Valerianella* species.

The palynological measurements concerning P,E an P/E ratio are also very close to each other, and cannot be used as diagnostic character for delimitation. Pollen aperture of *Valerianella* species as shown in the table 1 is not diagnostic character used for delimitation because all of them were colpate.

Exine structures and ornamentation are not useful diagnostic characters for delimitation, because they are very similar and approximately superimposed on each other.

The most important palynological structures that can be depend on as the results are clerifying to categorize *Vallerianella* species are: the thickness of sexine compared to nexine, brightness of the halo surrounding the pollen aperture. It is clear that sexine is thicker than nexine in both *Valerianella locusta* L., and *V.coronata* (L.) Dc., while it is thinner than nexine in both *V. dentata* (L.) Pollich and *V. muricata* (stev.) W.Baxt. The halo surrounding the pollen aperture was appearing bright in *V.locusta* because of its small size, while it is not bright in the remaining species of *Valerianella*.

Relative to the *Nuphar luteum* and *Nymphaea lutea* pollen ornamentation, they were echinate, and all grains of Nymphaea examined during the preparation of this account mounted in glycerine jelly had collapsed so the colpus was deeply invaginated. This means that the detailes of the aperture and it's operculum are often difficult to be seen but the existence of the aperture is not normally hard to verify. *Nymphaea lutea* and *Nuphar luteum* have the same palynological measurements and not be distinguished easily from each others.

## Conclusion

The using of this palynological study to investigate the pollen morphology of *Valerianella* and *Nymphaea lutea* in studying of some pollen diagnostic characters to be involved in taxonomy of species is mainly not worthful in general except for certain aspects of results, because it is obvious from the results obtained that none of the pollen structures and measurements seen by LM and SEM can be depend upon in this kind of diagnosis and delimitation.

The only diagonistic character can be depend on in delimitation of *Valerianella* species is the thickness of sexine compared to nexine and the brightness of the halo surrounding the aperture, according to these two pollen characters that can be used for this kind of delimitation, it is possible to put *Valerianella* species in the following two categories:

(1) *V. locusta* and *V. coronata* have thickness of sexine compared to nexine.

(2) while *V. dentata* and *V.muricata* are from another category depending because of the same reason.

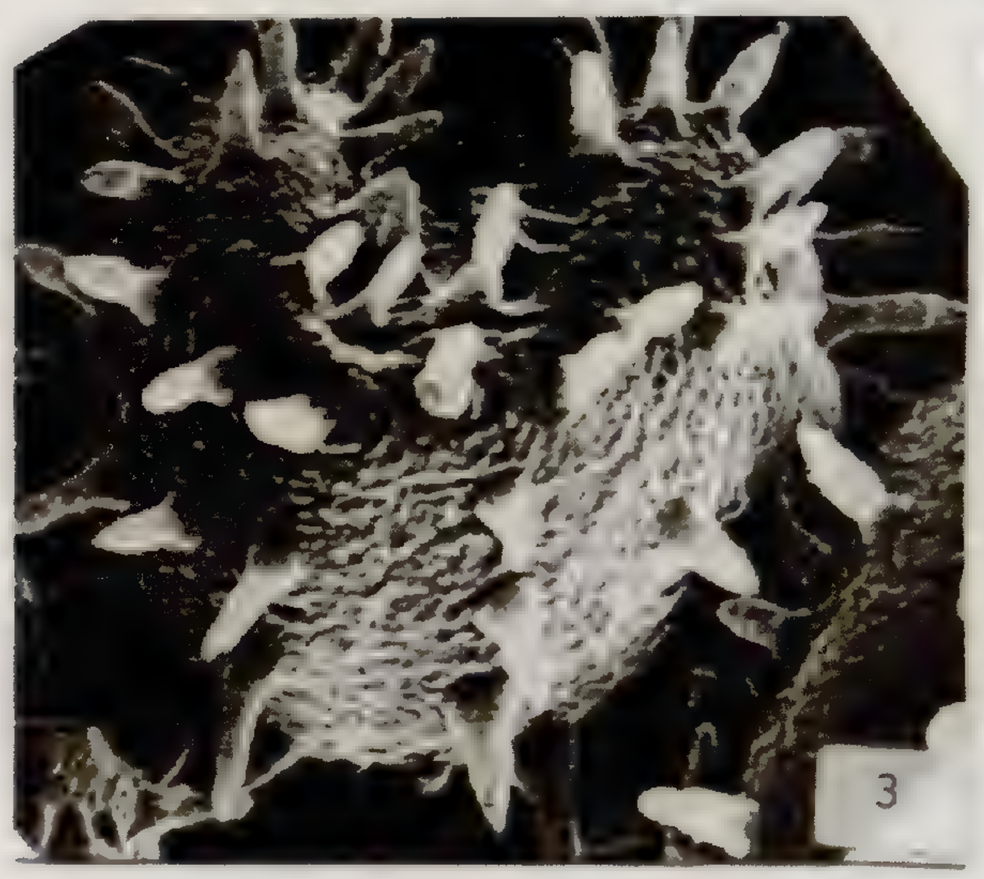
while depending on the second pollen diagonistic character; it is possible to put *Valerianella* species in the following two categories: (1) *V. locusta* is contrary to the other three species, has brighter and smaller halo surrounding. (2) The other three species of *Valerianella* species (*Valerianella dentata* (L.) Pollich, *Valerianella coronata* (L.) DC., *Valerianella muricata* (Stev.) W.Baxt.) have no bright halo, but also with larger one.

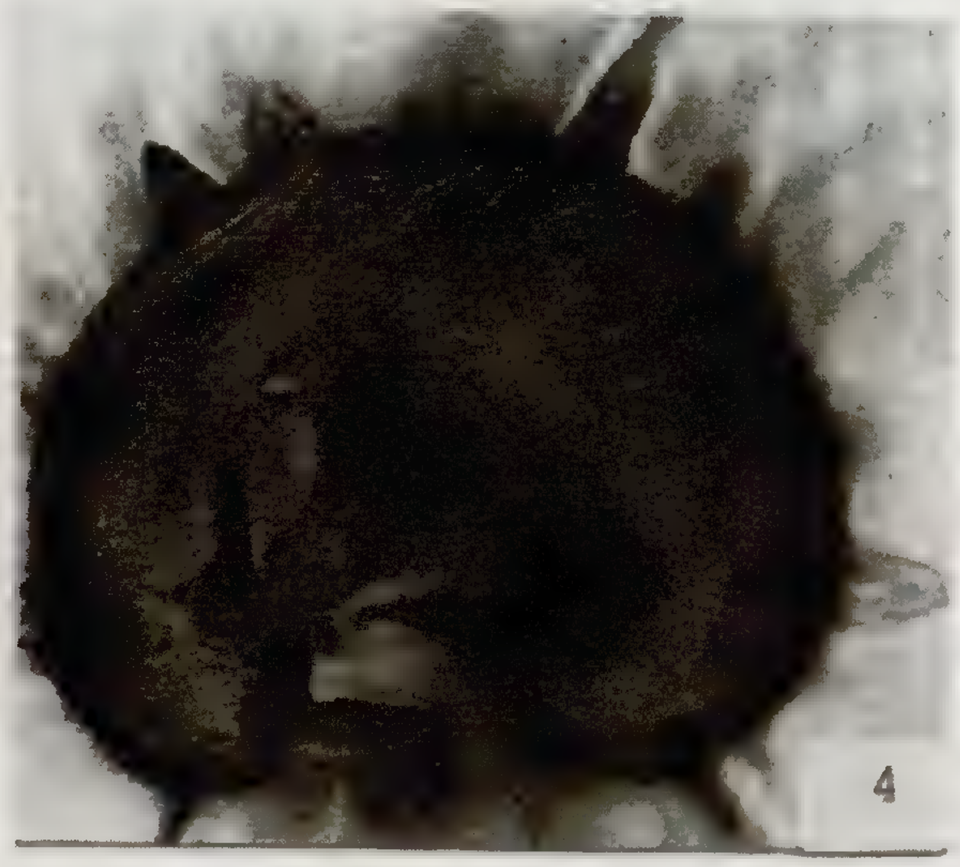
With respect to *Nymphaea*, it is obvious that *Nuphar lutea* (L.) Sibth & Sm. and *Nymphaea lutea* L. have shown no any differences in pollen morphology, and therefore; it is impossible to depend upon.

It is possible at least that although these diagonistic characters are appeared worthy but really they makes no sence to depend upon them as evidences in delimitation.

## Aknoweldgment

The researcher would like to thank the kind help given by Prof Dr. Ismail Gharaibeh from the department of physics at Mutah University inhelping of photographing SEM micrographs for the prepared slides.




*Nymphaea plate*

1. SEM micrograph (1954x) showing polar view of *Nymphaea lutea* L., colpus with operculum.
2. LM micrograph (1100x) showing the ornamentation of *Nuphar luteum* Sm, bases of echinae and scabrate tectum.
3. SEM micrograph (2110x) showing ornamentation between echinae of *Nymphaea lutea* L.
4. LM micrograph (1000x) showing polar view of *Nuphar luteum* Sm, close up of colpus.

## Literature Cited

**Al-Eisawi ,D.** 1982. List of Jordan Vascular plants, Jordan University, Amman, pp 40-128.

**Al-Eisawi,D M. & Dajani B M** 1983. Aerobiology: Pollen counts study in Jordan. Proc..XII Congr. Eur. Acad. Allergol. Clin. Immunol, Rome.

**Al-Quran,S.** 2004. Pollen morphology of plantagiaceae in Jordan, Pak.J.Biol.Sci.,7(8):1586-1593.

**Al-Quran,S.** 2004. Pollen morphology of solanaceae in Jordan, Pak.J.Biol.Sci.,7(9):1586-1593.

**Davies, R. R.; M. Denny & L. Newton.** 1963. A comparison between the summer and autumn air spores in London and Liverpole. Acta Allerg. 18;131-147.

**Davis, R. R.** 1969. Spore concentration in the atmosphere at Ahmadi, a new town in Kuwait. J.Gen.Microbiol. 55:425-432.

**Delaporte, K.** 2001. Morphological analysis to identify the pollen parent of an ornamental interspecific Eucalyptus. Horticulture 89:57-74.

**Erdtman,G.** 1960. The acetolysis method, a revised description, Seven. Bot. Tidsker 54:561-564.

**Faegari, K. & Iversen J.** 1975. Text book of pollen analysis, 3rd ed.Munksgard, Copenhagen.

**Feinbrun ,N.; T. Rahatand & J. Tas.** 1959. Further studies in atmospheric pollen in Jerusalem. Bull. Res. Counc. Israel 8D:31-40.

**Golovko,V V.** 1997. A pollen component of bioaerosol in the air of Novosibirsk. J. Aerosol.Sci. 28:591-592.

**Halwagy, M. & R. Halwagy** 1984. Seasonal distribution of pollen grains in the atmosphere of Kuwait. Pollen spores 26:201-216.

**Karim F. & S. Al-Qura'n.** 1988. Wild flowers of Jordan, Yarmouk University Press. Irbid, Jordan.

**Larson , B H. & S. Barrett.** 2000. A comparative analysis of pollen limitation in flowering plants. Botanical J.Linnean Soc. 69:503-520.

**Mathias - Maser, S.**1997. A conrtribution of primary biological aerosol particles as insoluble componen to atmospheric aerosol over the south atlantic ocean. J. Aerosol Sci.28:3-4.

**Mishra, R P.** 2002. Airborne pollen flora of Jabalur- the central India. Aerobiologia 18:73-81.

**Moore, P D & J.Web A.** 1978. An illustrated guide to pollen analysis, Hodder and Stoughton, London.

**Nowicke, J W** 1999. Pollen morphology, exine structure and systematic of Euphorbiaceae part 2. Review of palaeobotany and palynology 105:1-62.

**Osborn, J M.** 2000. Pollen morphology and ultrastructure of *Marathrum schiedeanum* (Podostemaceae). Grana 39:221-225.

**Panajiotidis, S.** 2000. Pollen morphology in relation to the taxonomy and phylogeny of *Aegilops* species. Grana 39:126-132.

**Pardo, C.** 2000. Pollen morphology in *Cytisus* (Papilionoideae, Leguminosae) from morocco and its peninsula. Grana 39:159-168.

**Premathilake, R.** 1999. Pollen morphology of some selected plant species from Horton Plains, Sri lanka. Grana 38:289-295.

**Recau - Larrival, M. T.** (1996). Pollen: bio-indicator of pollution. J. Aerosol. Sci. 27:227-228.

**Roque, N. & M. Silvestre - Capelato.** 2001. Generic delimitation of *Gochnatia* and *Lanthopappus* based on pollen morphology. Grana 40:197-204.

**Stenzel, H.** 2000. Pollen morphology of the subtribe pleurothallidinae Lindl. (orchidaceae). Grana 39:108-125.

**Suarez - Cervera, M.** 2001. Taxonomic significance of sporoderm structure in pollen of Euphorbiaceae. Grana 40:78-104.

**Van Der Ham, R.** 2001. Pollen morphology and phylogeny of the *Alyxieae* (Apocynaceae). Grana 40 :169-191.

**Van Wichelen, J.** 1999. Comparison of different treatements for LM and SEM studies and systematic value of grains in Cyperaceae. Grana 38:50-58.

**Victor, J. E & E. Van A. Wyk.** 1999.Pollen morphology of *Adenandra* (Diosminae:Rutaceae) and its taxonomic implications. Grana 38:1-11.

**Victor, J. E & E. Van A. Wyk.** 2000. Pollen morphology of *Phyllosma* and Sheilanthera (Diosminae:Rutaceae) and its taxonomic implications. Grana 39: 103-107.

**Victor, J. E & E. Van A. Wyk.** 2001. Pollen morphology of *Euchaetis* and *Macrostylis* (Diosminae-Rutaceae) and its taxonomic implications. Grana 40: 105-110.

**Villodre ,J. M. & N. Giarcia-Jacas** 2000. Pollen studies in subtribe Centaureinae (Asteraceae): the *Jacea* group analyzed by electron microscopy. Botanical J.Linnean Soc.133:473-484.

**Zohary, M. 1973.** Geobotanical foundations of the middle east, Gustav Fisher Verlag. Sttugart pp 48-89.

Table1: pollen structures and measurements of Valerianella and Nymphaea species investigated.

| Species | Pollen outline | Pollen class | P (µm) | E (µm) | P/E ratio | Aperture | Exine | Ornamentation |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *Valerianella locusta* L. | E: elliptic<br>P: circular | 3-Zonocolpate | 30-38 | 31-36 | 0.92-1.22 | colpate | sexine thicker than nexine, sexine length as columella, thinner than tectum, with 3 micro-echine. | micro-echinate, no verrucae, prominent columella. |
| *Valerianella dentata* (L.) Pollich | E: sub-rhombic<br>P: circular | 4- Zonocolpate | 27-37 | 29-38 | 0.91-1.15 | coplate | sexine thicker as nexine, sexine length as columella, thinner as tectum, with 3-4 micro-echine. | micro-echinate, rare verrucae, poorely developed columella. |
| *Valerianella coronata* (L.) DC. | E: elliptic<br>P: circular | 3- Zonocolpate | 30-40 | 31-39 | 0.91-1.08 | colpate | sexine thicker than nexine, sexine length as columella, thinner as tectum, with 3-4 micro-echine. | micro-echinate, rare verrucae, prominent columella |
| *Valerianella muricata* (Stev.) W.Baxt. | E: sub-rhombic<br>P: circular | 4- Zonocolpate | 28-40 | 29-38 | 0.88-1.19 | coplate | sexine thicker than nexine, sexine length as columella, thinner as tectum, with 3-4 micro-echine. | micro-echinate, rare verrucae, prominent columellae. |
| *Nymphaea lutea* Sibth&Sm | Equatorial view colpus in side view, or colpus in end view and polar view | 1-Colpate(sulcate), heteropolar | 29-44 | 35-52 | 0.75-90 | Colpus, long broad, deeply sunken,ends obtuse,margin often centrally constricted, with large operculum, | Thin especially in colpus region, with nexine and sexine. Columellae absent, echinae in cross section with acute obtuse apices, verrucae on the inner face of nexine. | Echinate(echinae long and stout, operculum has smaaler echiae. |

*Arnaldoa* 19(1): 65 - 72, 2012 ISSN: 1815 - 8242

# Variación del contenido de peroxidasas solubles en plantas de *Medicago sativa* L. "alfalfa" sometidas a diferentes concentraciones de plomo

## Variation of the content of soluble peroxidases in *Medicago* sativa L. "alfalfa" subjected to different concentrations of lead

*Irene Consuelo Julca Chávez, José Luis Castillo Zavala, Jorge Elías Castro Silupú, Mercedes Elizabeth Chaman Medina*

Laboratorio de Fisiología Vegetal, Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional de Trujillo,Av. Juan Pablo II s/n. Trujillo, PERÚ, *irene_julca@hotmail.com*

## Resumen

Las peroxidasas (POXs) se encuentran ampliamente distribuidas en las plantas donde participan en diversos procesos fisiológicos. Entre ellos, accionar mecanismos de respuesta a diferentes situaciones de estrés, como el exceso de metales pesados en el suelo. En este trabajo se determinó la variación de la actividad de peroxidasas solubles en plantas de *Medicago sativa* L. sometidas a diferentes concentraciones de plomo. El material biológico estuvo constituido por plántulas de "alfalfa", las que fueron cultivadas en un medio hidropónico con diferentes concentraciones de plomo bajo condiciones controladas de invernadero. A los 10 y 20 días se analizó la actividad de peroxidasas solubles en hojas y raíces. Los resultados mostraron diferencias significativas ($p<0.05$) en la actividad de estas peroxidasas entre tratamientos. En hojas, alcanzó su valor más alto (2,0113 µmoles/minuto) a la concentración de 200 ppm a los 10 días. En raíces, se observó el valor más alto (3,9847 µmoles/minuto) a la concentración de 100 ppm de plomo a los 20 días. Este comportamiento podría estar relacionado con la capacidad de respuesta de las plántulas de alfalfa al estrés por metales pesados. Así, la actividad de peroxidasas solubles en "alfalfa" aumentó con el tratamiento creciente de las concentraciones de plomo, y este incremento varió con el órgano analizado y el tiempo de exposición.

**Palabras clave:** Peroxidasas, *Medicago sativa*, plomo.

## Abstract

Peroxidases (POXs) are widely distributed in plants where they participate in various physiological processes. Among them, trigger response mechanisms to different stress, such as excessive heavy metals in soil. This study determined the variation of soluble peroxidases activity in plants of *Medicago sativa* L. subjected to different concentrations of lead. The biological material consisted of seedlings of "alfalfa", which were grown in a hydroponic medium with different concentrations of lead under controlled greenhouse conditions. To 10 and 20 days was analyzed soluble peroxidases activity in leaves and roots. The results showed significant differences ($p <0.05$) in the activity of these peroxidases between treatments. In leaves, reached its highest value (2.0113 moles / minute) at a concentration of lead 200 ppm to 10 days. In roots, we observed the highest value (3.9847 moles / minute) at a concentration of lead 100 ppm to 20 days. This behavior could be related to the responsiveness of alfalfa seedlings to stress by heavy metals. We conclude that the activity of soluble peroxidases "alfalfa" increased with increasing treatment of lead concentrations, and this increase varied with the organ analyzed and the exposure time.

**Key words:** Peroxidases, *Medicago sativa*, lead.

## Introducción

Muchos metales como el Mg, Fe, Zn, Cu son esenciales para el desarrollo normal de la planta, ya que son compuestos estructurales y catalíticos de proteínas y enzimas. Sin embargo, la actividad humana libera al suelo, grandes cantidades de éstos y otros metales no esenciales, como el Al, Cd, Hg, Ni o Pb que pueden resultar tóxicos para las plantas (Azcón & Talón, 2000; Clemens, 2001).

Una de las principales actividades humanas que aumenta la cantidad de metales en el suelo, es la minería. El Perú es un país minero cuya participación en la producción mundial destaca como productor de primer nivel en zinc, plata y estaño pero en menor escala de plomo, cobre y oro. Aunque resulta difícil hacer una generalización de los problemas ambientales para las diversas regiones mineras del Perú; es posible señalar entre los principales impactos a los efluentes ácidos con elevados niveles de metales pesados, que son descargados sin tratamiento en los cursos de agua, muchos de los cuales son utilizados para el riego de grandes extensiones de suelos agrícolas (Nuñez, 2005; Dammert & Molinelli, 2007).

Los suelos que quedan tras una explotación minera contienen todo tipo de materiales residuales, escombros estériles, entre otros, lo que representa graves problemas para el desarrollo de la cubierta vegetal. Los metales tienden a acumularse en la superficie del suelo quedando accesibles al consumo de las raíces de los cultivos (Puga *et al.*, 2006). Excesivas concentraciones de metales pesados en el suelo, podrían acumularse en los tejidos vegetales en cantidades no permisibles, afectando la producción de los cultivos e impactando en la calidad de los alimentos; ya que estos metales se mueven a través de la cadena alimenticia vía consumo de plantas por animales y estos a su vez por humanos (Vázquez *et al.*, 2001; Armas & Armas, 2002).

Los metales pesados más comunes en sitios contaminados son cadmio (Cd), cromo (Cr), cobre (Cu), plomo (Pb), mercurio (Hg), niquel (Ni) y zinc (Zn); de los cuales el mercurio y el plomo son los contaminantes de mayor riesgo, que incluso atentan contra la salud humana (Nuñez, 2005).

El plomo, es un elemento metálico, denso, de color gris azulado, relativamente abundante que se encuentra en el aire, agua, suelo, plantas y animales. Este mineral se libera en forma natural por erosión del suelo, desgaste de los depósitos minerales de plomo y emanaciones volcánicas. El plomo atmosférico se convierte en una amenaza puesto que una vez en el medio, puede llegar a otras regiones por la acción del viento y depositarse en diversos sustratos como el suelo, el agua y la vegetación (Mellanby, 1977; Armas & Armas, 2002).

Se ha encontrado que el plomo produce un retardo en la degradación de la materia orgánica, y se ha observado que las plantas que crecen en suelos contaminados por este elemento tienden a concentrarlo en su sistema radicular (Albert, 1997). Mientras que, en el hombre, el plomo al ser ingerido a través de los alimentos o por vías respiratorias se acumula en los riñones, hígado y huesos, produce aberraciones cromosómicas alterando especialmente los espermatozoides (Armas & Armas, 2002), además puede actuar como un inhibidor enzimático y alterar el metabolismo celular (Albert, 1997; Vázquez *et al.*, 2001).

En las plantas algunos metales pesados pueden ser requeridos sólo en cantidades trazas, sin embargo, ellos son tóxicos cuando su concentración es mayor (Ratkevicius&Moenne, 2002), promoviendo, en las plantas, un aumento de las especies reactivas del oxígeno (H2O2 - peróxido de hidrógeno, O2 - anión superóxido, OH - hidroxilo), capaces de producir un estrés oxidativo. Estas especies reactivas del oxígeno, en forma natural, son biológicamente producidas durante la respiración mitocondrial así como por la fotosíntesis (Martínez, 2003). Las plantas para contrarrestar el estrés oxidativo producen defensas antioxidantes, que pueden ser: No enzimáticas, como Ácido Ascórbico (Vitamina C), ß-caroteno, Glutatión, α-tocoferol (Vitamina E); y Enzimáticas, como peroxidasas (Ascorbatoperoxidasa), Catalasa, Glutatión reductasa, Superóxidodismutasa; encargadas de mantener las especies reactivas del oxígeno en niveles no perjudiciales (Chai *et al.*, 2005; Naya, 2007).

Las peroxidasas (POXs) son un tipo de enzimas muy extendidas en toda la escala filogenética. Catalizan reacciones bisustrato de carácter redox, utilizando un peróxido como oxidante (a lo que deben su nombre) y un segundo sustrato de características reductoras que es oxidado por el peróxido (Donald &Cipollini,1998;Iturbe,1996). Las POXs están ampliamente distribuidas en las plantas. Éstas presentan múltiples formas isoenzimáticas que difieren tanto en la secuencia de sus aminoácidos como en sus propiedades químicas. Los resultados de numerosos estudios

realizados con diferentes especies, determinaron que las POXs están involucradas en procesos fisiológicos relevantes de las plantas superiores tales como control del crecimiento,la biosíntesis de lignina, catabolismo de auxinas, resistencia a patógenos, como así también en diversos mecanismos de respuesta que éstas presentan a diferentes situaciones de estrés, como exceso de metales en el suelo (Donald &Cipollini,1998; Truelove *et al.*, 2003; Baquero *et al.*, 2005; Fuentes *et al.*, 2008).

*Medicago sativa* "alfalfa" es una leguminosa, cuyo ciclo vital varía entre cinco y doce años, dependiendo de la variedad, así como de los factores medioambientales en donde se desarrolla. El tallo puede llegar a medir hasta un metro de altura, ya que su raíz puede introducirse a más de 9 m de profundidad, a fin de alcanzar cualquier reserva de nutrientes y soportar sequías extremas; adaptándose muy bien a condiciones climáticas variadas (Villegas *et al.*, 2004; Pagliaricci & Pereyra, 2006).

El cultivo de esta planta es importante debido a su capacidad para fijar nitrógeno en el suelo, por lo que se la utiliza como acondicionadora del suelo, permitiendo el aumento de la productividad de cultivos posteriores. Además, es muy usada como planta forrajera y sus flores son también un alimento excelente para abejas melíferas (Villegas *et al.*, 2004; Pagliaricci& Pereyra, 2006). Así también, el hombre utiliza los germinados de "alfalfa" como alimento, debido a su alta calidad nutricional, ya que contienen proteínas de gran calidad y biodisponibilidad, carbohidratos, grasas poliinsaturadas, fibra, gran cantidad de vitamina K, C, A, D, E, B y carotenos; minerales, como el potasio, magnesio, calcio, hierro, azufre, cobalto y otros más; además es una fuente muy buena de clorofila y es muy rica en un bioflavonoide, llamado rutina (Pagliaricci & Pereyra, 2006).

Diversas investigaciones revelan que la actividad de las peroxidasas incrementa por efecto de los metales pesados en el medio. Así, se ha reportado que en plantas de *Cucurbita pepo* L., *Dalia* sp., *Tagetes erecta* L y *Cosmos bipinnatus*, así como en el alga *Enteromorpha compressa* tratadas con metales pesados, la actividad de peroxidasas incrementa en hojas y raíces (Tahlil *et al.*, 1999;Ratkevicius & Moenne, 2002; Rodríguez *et al.*, 2006).Sin embargo, no se han reportado muchas investigaciones en relación a la actividad de peroxidasas de las plantas expuestas a concentraciones elevadas de plomo. Basado en ello, el interés de este trabajo es determinar la variación de la actividad de peroxidasas solubles en plantas de *Medicago sativa* L. sometidas a diferentes concentraciones de plomo.

## Materiales y Métodos

*Material Biológico*

Plantas de *Medicago sativa* L. "alfalfa", obtenidas a partir de semillas certificadas.

Las semillas fueron desinfectadas con hipoclorito de sodio al 2 %, enjuagadas con agua destilada y colocadas en un sistema de germinación; de tal manera que al germinar las semillas, sus raicillas crecieran verticalmente a fin de facilitar el transplante a la solución de plomo respectiva.

*Tratamiento de las Plántulas con soluciones de Plomo*

Plántulas de alfalfa de 7 días de edad se trasplantaron a recipientes de vidrio de 200 mL cubiertos con papel aluminio. A estos recipientes se agregó el medio de cultivo preparado con solución hidropónica a la que se adicionó nitrato de plomo para conseguir las concentraciones de Pb: 0, 50, 100 y 200 ppm. Para la oxigenación del medio, se utilizó un aireador mecánico y para evitar la sedimentación de los nutrientes cada botella fue agitada manualmente durante dos minutos por día. Las plantas crecieron en el Invernadero del Jardín Botánico de la Universidad Nacional de Trujillo, a una temperatura promedio de 25 ± 2ºC y humedad relativa de 75 ± 2%.

Para establecer los diferentes tratamientos se utilizó un diseño completamente aleatorio con tres repeticiones, formándose 8 grupos homogéneos, los cuales fueron tratados con la respectiva solución de plomo, por 10 y 20 días.

*Determinación de la Actividad de Peroxidasas Solubles*

La actividad de peroxidasas solubles fue determinada en raíces y hojas de plantas de 10 y 20 días de edad.

Se utilizó 1 g de tejido fresco, el cual se trituró en un mortero de porcelana en frío a una temperatura de 4 °C, utilizando como buffer de extracción 1 ml de fosfato de sodio 50 mM pH 7. El extracto obtenido fue filtrado a través de cuatro capas de gasa y centrifugado a 10000 g durante 10 minutos. El sobrenadante se utilizó para medir la actividad de peroxidasas solubles.

La actividad de las peroxidasas solubles se medió utilizando o-fenilendiamina (o-PDA) 5 mM como sustrato, en presencia de peróxido de hidrógeno 0,002 % y buffer citrato 0,1 M pH 4,5. Luego se determinó la actividad de las peroxidasas solubles midiendo la absorbancia en un espectrofotómetro a una longitud de onda de 450 nm.

Finalmente, la actividad de peroxidasas solubles se expresó en µmoles de o – PDA oxidado / minuto.

*Análisis Estadístico de Datos*

Una vez obtenidos los resultados se ordenaron en tablas y se analizaron mediante un análisis de varianza y una prueba tukey HSD utilizando el software Statgraphics Plus.

## Resultados

Plantas de *Medicago sativa* L. "alfalfa" expuestas a diferentes concentraciones de Pb, mostraron incremento de la actividad de peroxidasas solubles ($p<0,05$), encontrando cambios significativos entre los tiempos ($p<0,05$); y diferente comportamiento en hojas y en raíces.

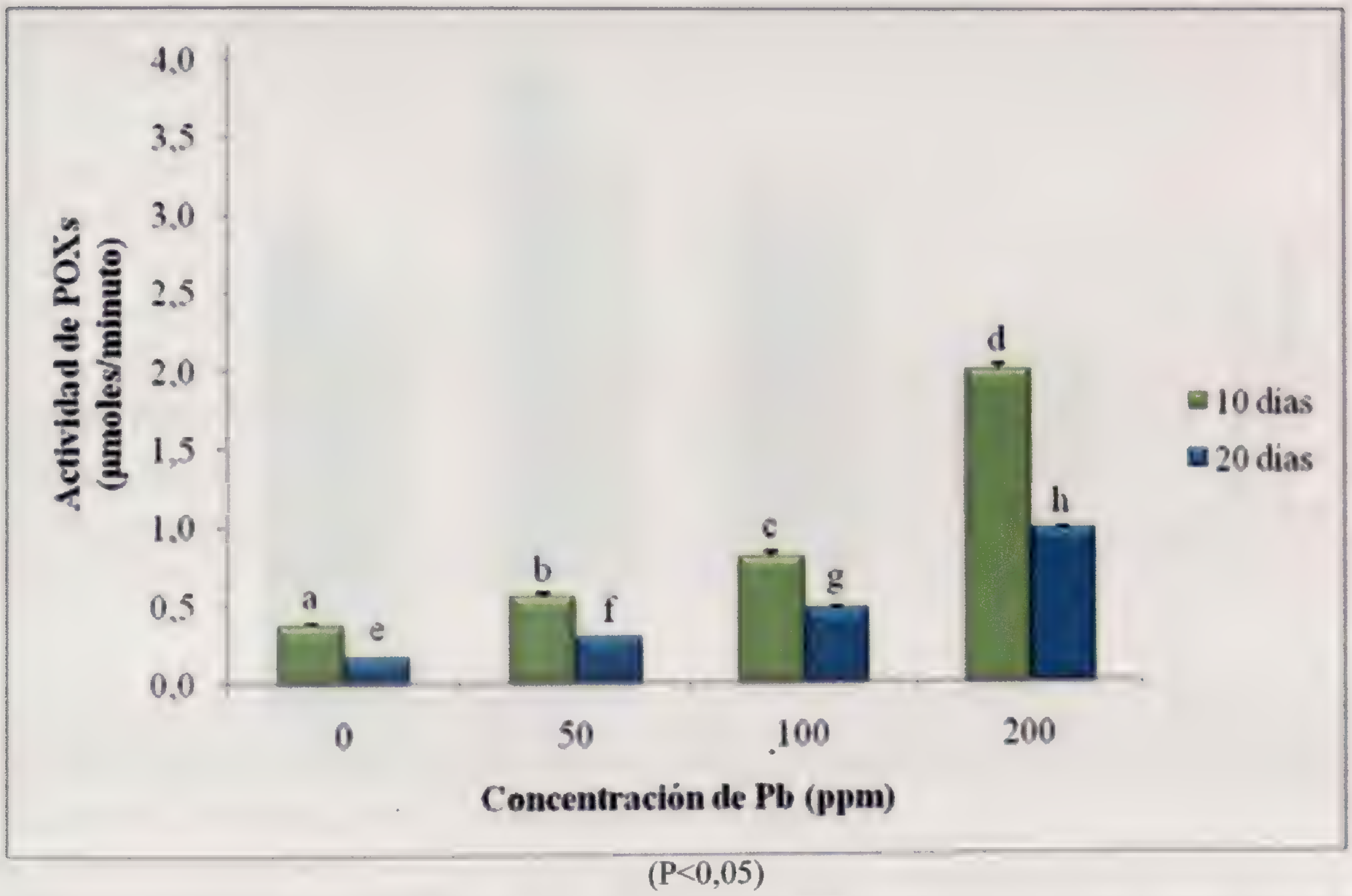
Al comparar los tratamientos de plomo en las hojas, se puede observar (Fig. 1 y 2) que la actividad de peroxidasas solubles incrementa significativamente con la concentración de plomo y disminuye con el tiempo, encontrando el valor más bajo (0,1791 µmoles / minuto) a la concentración de 0 ppm a los 20 días (control) y el valor más alto (2,0113 µmoles / minuto) a la concentración de 200 ppm y a los 10 días, que viene a ser 429,7% mayor que el control. Sin embargo, el mayor incremento se dio a la concentración de 200 ppm a los 20 días, ya que es 448,2% mayor que su control (0.ppm a los 20 días). Existiendo diferencias significativas entre todos los tratamientos, según lo demuestra la prueba Tukey HSD aplicada ($p < 0.05$).

La actividad de peroxidasas solubles en raíces de "alfalfa" (Fig. 3 y 4) incrementa con la concentración de plomo hasta las 100 ppm y a partir de esta concentración, disminuye. Así mismo, se puede apreciar que la actividad de peroxidasas solubles fue similar a los 10 y 20 días, para la concentración de 0 y 50 ppm de plomo; mientras que a las concentraciones de 100 y 200 ppm de plomo, la actividad de peroxidasas solubles aumentó a los 20 días. Encontrando el valor más alto (3,9847 µmoles / minuto) a la concentración de 100 ppm de plomo y a los 20 días, que viene a ser 81,2% mayor que su control. Por el método de comparación múltiple Tukey HSD ($p < 0.05$), se identificaron 5 grupos homogéneos.

## Discusión

Al evaluar la actividad de peroxidasas solubles en hojas y raíces de *Medicago sativa* L. "alfalfa" sometidas a diferentes concentraciones de plomo por 10 y 20 días, se observó un aumento de la actividad de estas enzimas.

El incremento de la actividad de peroxidasas encontrado en las hojas de "alfalfa" (Fig. 1 y 2), puede deberse a que el plomo por ser un metal pesado, estaría produciendo daño oxidativo, generando radicales libres de oxígeno, y para contrarrestar este estrés, las células expresarían constitutivamente enzimas que las desintoxican de las especies activas de oxigeno y reparan el daño causada por éstas (Martínez, 2003). Este comportamiento ha sido observado en otras plantas sometidas a condiciones similares, como *Dalia* sp., *Tagetes erecta* L y *Cosmos bipinnatus,* en las cuales la actividad de peroxidasas tiende a aumentar significativamente con el incremento en la concentración de residuos de minas, sugiriendo que la presencia de peroxidasas en las hojas cotiledonares y verdaderas, puede estar involucrada en la eliminación de especies reactivas de oxígeno que se generan por la presencia de los elementos potencialmente tóxicos (Rodríguez *et al.*, 2006). En plantas de *Cucurbita pepo* L. Courgetted'Alger tratadas con Cd, Cu y Zn, se observó que el tratamiento con cada metal pesado ocasionó un incremento de la actividad de peroxidasas




(P<0,05)

Fig. 1. Variación de la actividad de Peroxidasas Solubles en hojas de *Medicago sativa* L. "alfalfa" a los 10 y 20 días de tratamiento con plomo. Las barras verticales indican el error estándar. Las letras diferentes indican diferencias debidas al tratamiento según Tukey HSD (n=3).

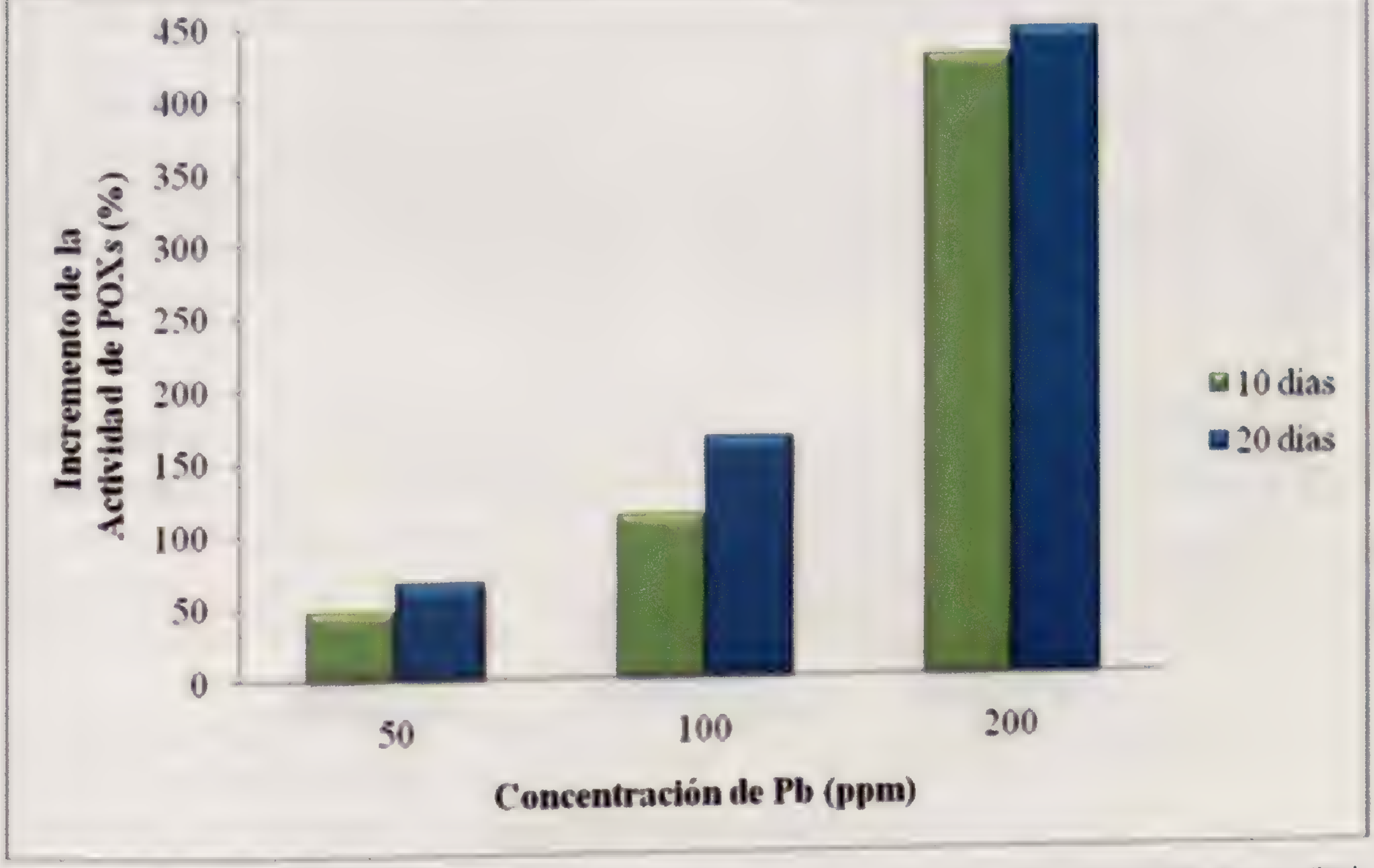



Fig. 2. Aumento de la actividad de peroxidasas solubles indicada en porcentaje con relacion al control en hojas de Medicago sativa L. "alfalfa", expuestas a diferentes concentraciones de plomo durante 10 y 20 dias.

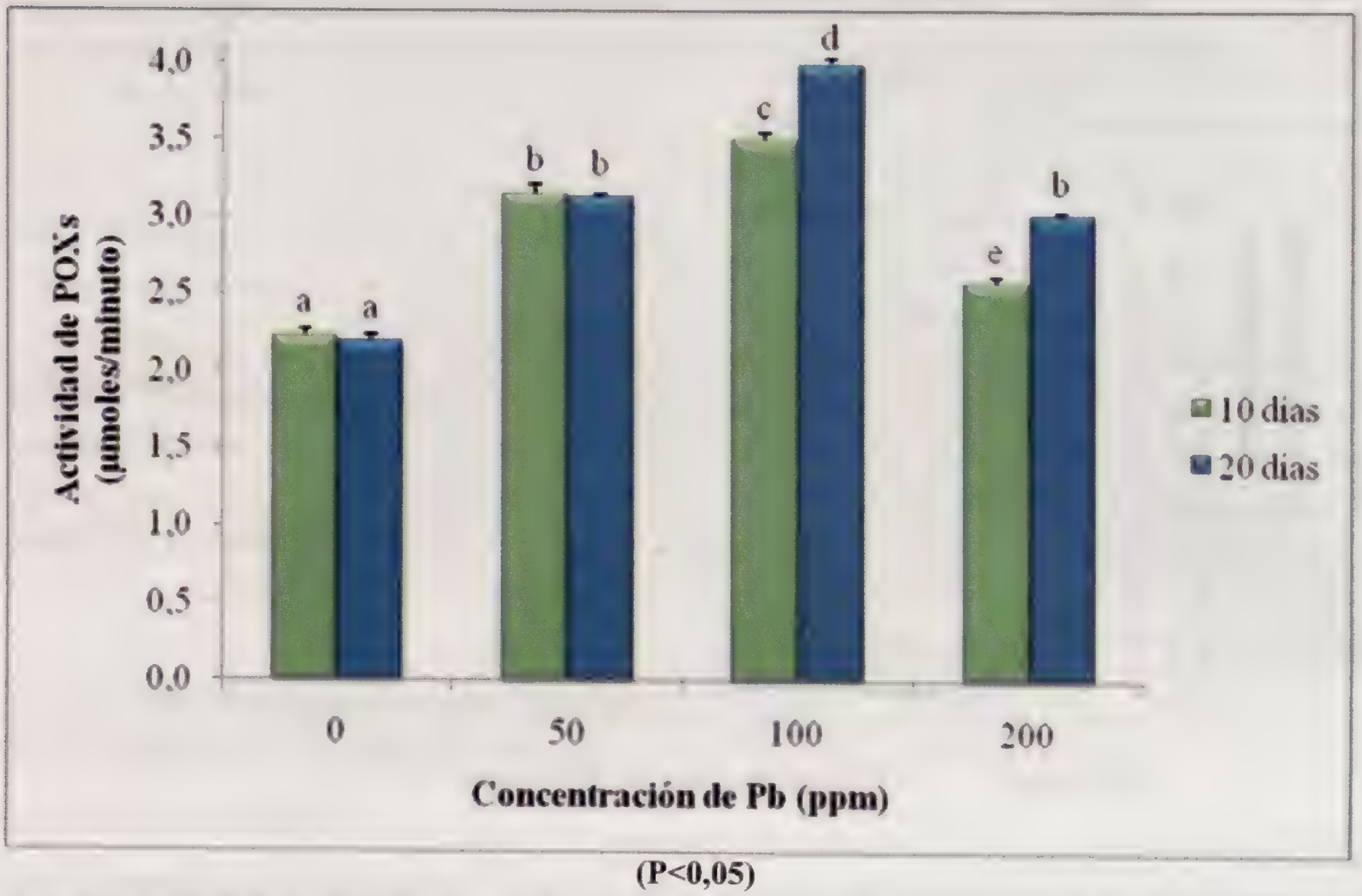



**Fig. 3:** Variación de la actividad de Peroxidasas Solubles en raíces de *Medicago sativa* L. "alfalfa" a los 10 y 20 días de tratamiento con plomo. Las barras verticales indican el error estándar. Las letras diferentes indican diferencias debidas al tratamiento según Tukey HSD (n=3).

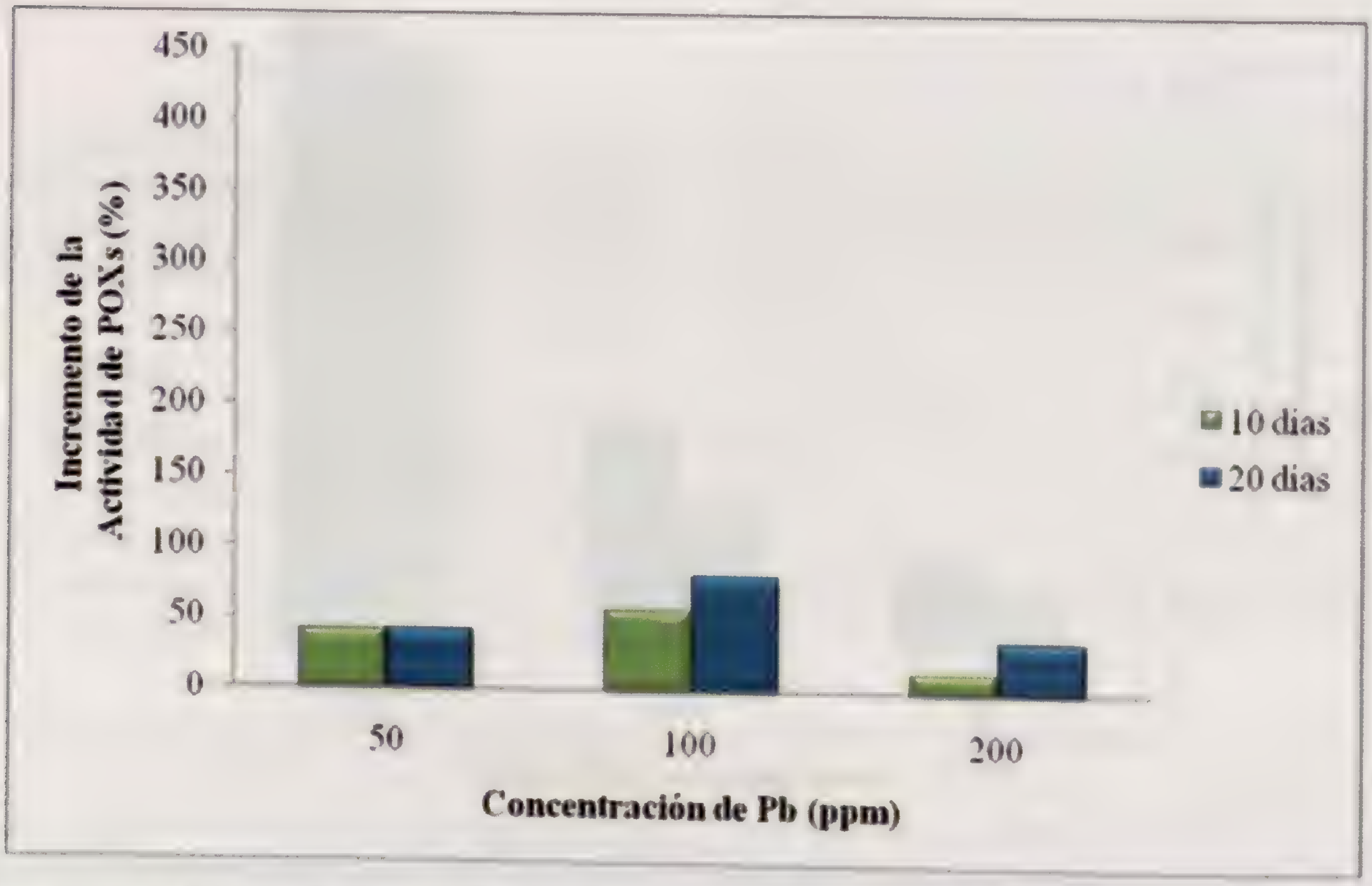



**Fig. 4:** Aumento de la actividad de Peroxidasas Solubles indicada en porcentaje, con relación al control en raíces de *Medicago sativa* L. "alfalfa", expuestas a diferentes concentraciones de plomo durante 10 y 20 días.

(Tahlil *et al.*, 1999). Así también, se ha reportado que el estrés crónico por metales pesados induce en el alga Enteromorpha compressa un aumento en la actividad de ascorbatoperoxidasa (Ratk evicius & Moenne, 2002). Al respecto, algunos investigadores afirman que las plantas sometidas a condiciones ambientales adversas, pueden desarrollar sistemas de defensa para contrarrestar estos factores, deteniendo o minimizando ciertas funciones vitales para potenciar otras (Mujica *et al.*, 2005).

La disminución de la actividad de peroxidasas en hojas de "alfalfa" por el tiempo (Fig. 1), no estaría condicionada por la concentración de plomo, debido a que también se observa disminución de la actividad de peroxidasas solubles en el control (0 ppm) a los 20 días, respecto al control a los 10 días. Al respecto, se ha reportado que la actividad de las peroxidasas puede estar asociada a la edad ontogénica de las plantas, ya que presentan mayores valores en hojas jóvenes respecto a hojas adultas. Más aún, cuando se somete el material adulto a tratamientos de rejuvenecimiento, los niveles de peroxidasas también aumentan (Figueroa &Schugurensky, 2002).

Por otro lado, la variación de la actividad de peroxidasas en raíces fue muy diferente a la presentada en hojas. Así, podemos observar que hay un incremento de la actividad de esta enzima hasta la concentración de 100 ppm de plomo (Fig. 3 y 4), este comportamiento podría deberse a que la planta estaría tratando de protegerse del estrés oxidativo generado por el plomo. Luego se observa una disminución de la actividad a 200 ppm de plomo, lo que podría deberse según lo refieren algunos autores, a que las plantas sembradas en suelos contaminados con plomo. almacenan este metal principalmente sus en raíces, así en su experimento con plantas de guisante cultivadas en medio hidropónico, se pudo observar que un 70% del Pb se localizó en la raíz, y que la presencia de este metal disminuyó la capacidad de los mecanismos antioxidantes para eliminar el H2O2 (Naya, 2007). Al respecto, se ha señalado que el mecanismo mediante el cual las plantas de alfalfa remueven y acumulan cobre desde las soluciones, comienza a perder efectividad después de un cierto tiempo, en ese caso 10 días, lo que posiblemente esté relacionado con la capacidad que tienen las plantas para soportar elementos tóxicos en sus organismos sin sufrir daños serios (Mujica *et al.*, 2005). Así mismo, según el estrés oxidativo es atribuible a una disminución de las defensas antioxidantes (enzimáticas y no enzimáticas) (Iturbe,1996).

Con respecto al tiempo en raíces (Fig. 3), observamos que a la concentración de 50 ppm de plomo, la actividad de peroxidasas tiene un comportamiento parecido al del testigo, es decir la actividad a los 10 y 20 días fue similar, mientras que hubo un aumento de la actividad a las concentraciones de 100 y 200 ppm de plomo a los 20 días, observando mayores diferencias a 200 ppm de plomo; esto podría ser resultado de que las plantas que sobrevivieron estarían recuperándose de los daños causados al ser sometidas a concentraciones tan altas de plomo, por lo que la actividad peroxidasa aumentó. Además, según algunas investigaciones, las plantas que acumulan plomo utilizan más energía en los mecanismos necesarios para adaptarse a las altas concentraciones de metal en sus tejidos (Naya, 2007).

## Conclusiones

La actividad de las peroxidasas solubles en hojas de *Medicago sativa* L. "alfalfa" aumentó al incrementarse la concentración de plomo en el medio de cultivo, tanto a los 10 como a los 20 días, observándose los mayores valores a los 10 días. En raíces, se encontró un aumento de la actividad de las peroxidasas solubles, pero se observó variación en dicha actividad con respecto al tiempo y a la concentración de plomo en el medio.

## Literatura citada

**Albert, L.A.** 1997. Curso básico de toxicología ambiental. Segunda edición. Ediciones Utheha. México.

**Armas, C. & R. Armas.**2002. Tecnología ambiental: en nuestro hogar la nave sideral tierra. Primera edición. Editorial ApliGraf S.R.L. Trujillo-Perú.

**Azcón-Bieto, J. & M. Talón.** 2000. Fundamentos de fisiología vegetal. McGraw-Hill. Interamericana. EdicionsUniversitat. Barcelona. Madrid.

**Baquero, L; Castro, J. & C. Narváez.** 2005. Catalasa, peroxidasa y polifenoloxidasa en pitaya amarilla (*Acanthocereus pitajaya*): maduración y senescencia. Acta Biológica Colombiana. 10 (2): 49-59.

**Clemens, S.** 2001. Molecular mechanisms of plant metal tolerance and homeostasis. Planta. 212 (4): 475-86.

**ChaiTsun-Thai, Nor'Aini M. Fadzillah; M. Kusnan & M. Mahmood.** 2005. Efecto del estrés oxidativo sobre los cultivares 'Berangan' y 'Mas'. InfoMusa. 14 (2): 32-36.

**Fuentes, L. Y.; A. Pérez; Domínguez, M. & A.R. González .** 2008. Influencia del NaCl en indicadores bioquímicos evaluados en callos de *Stylosanthes guianensis* CIAT-184. Pastos y Forrajes. 31 (1): 35-46.

**Dammert, A. & F. Molinelli.** 2007.Panorama de la minería en el Perú. OSINERGMIN.3-200 p.

**Donald, F. & J.R. Cipollini.** 1998.The induction of soluble peroxidase activity in bean leaves by wind-induced mechanical perturbation. American Journal of Botany 85(11): 1586–1591.

**Figueroa, R.M. & A. Schugurensky.** 2002. Identificación isoenzimática de portainjertos de palto (*Persea americana* Mill.). Agro sur. 30 (2): 1-6.

**Iturbe, O.V.**1996. Sistemas antioxidantes en plantas de guisante sometidas a estrés ambiental. Tesis doctoral. Departamento de bioquimica y biologia molecular y celular. Universidad Zaragoza.

**Martínez, M. L.** 2003. Respuesta bioquímica y molecular de la simbiosis *Phaseolus vulgaris* – Glomusintraradices al estrés de agua. Tesis. Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Universidad de Colima. México.

**Mellanby, K.** 1977. Biología de la polución. Primera edición. Ediciones omega S. A. Barcelona.

**Mujica, E.; C. Ortiz; J. Li Kao & O. Pavez1.** 2005. Uso de especies vegetales para remover cobre desde efluentes contaminados mediante rizofiltracion. Proceedings of the VI international conference on clean technologies for the mining industry, University of Concepción, Chile.

**Naya, A. L.** 2007. Respuesta fisiológica, bioquímica y molecular de las leguminosas a estreses abióticos. Tesis Doctoral. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Departamento de Nutrición Vegetal. Estación Experimental de Aula Dei Zaragoza.

**Nuñez, J.** 2005. Bioacumulación de plomo en *Amaranthus caudatus* L. "kiwicha" en condiciones de laboratorio. Tesis. Universidad Nacional de Trujillo. Perú.

**Pagliaricci, H. R. & T. W. Pereyra.** 2006. Nota técnica: producción y distribución de forraje de alfalfa (*Medicago sativa* L.) intersembrada con cereales forrajeros de invierno. Arch. Latinoam. Prod. Anim. 14 (4): 115-119.

**Puga, S M.; T. Sosa, C. Lebgue, Quintana & Campos. A.** 2006. Contaminación por metales pesados en suelo provocada por la industria minera. Ecología Aplicada. 5(1,2): 149-155.

**Ratkevicius, N. & A. Moenne.** 2002. Detección de enzimas y compuestos antioxidantes en la macroalga verde *Enteromorpha compressa* colectada en sitios contaminados con metales pesados del norte de chile. Biological Research. 35 (3-4).

**Rodríguez,E.; A. Delgado; Ch. González; G. Carrillo; M. Mejía & H. Vargas.** 2006. Efectos de EPTS en la germinación y establecimiento de plantas ornamentales crecidas en suelo con residuos de minas. Colegio de Postgraduados. Montecillo. Universidad Autónoma Chapingo. México.

**Truelove, B.; R. Rodriguez-Kabana,& L.R. Jones.** 2003. Changes in the peroxidase activity of subcellular fractions from aging *Phaseolus* hypocotyls.Canadian Journal of Botany. 53(9): 852-860.

**Tahlil, N.; A. Rada; J.L. Baaziz. ; Morel, M. El Meray & M. El Aatmani** 1999. Quantitative and qualitative changes in peroxidase of *Cucurbita pepo* cultivars stressed with heavy metals. BiologiaPlantarum. 42 (1): 75-80.

**Vázquez, A.A.; C.L. Justin; G.C. Siebe; G.G Alcántar.; D. M. De Bauer** 2001. Cadmio, níquel y plomo en agua residual, suelo y cultivos en el valle de Mezquital, Hidalgo, México. Agrociencia. 35 (3): 267-274.

**Villegas, A.Y.; G.A. Hernández; P.J. Pérez; C.C. López; H.J. Herrera; Q,J. Enríquez & C.F. Gómez** 2004. Patrones estacionales de crecimiento de dos variedades de alfalfa (*Medicago sativa* L.). Téc PecuMéx. 42(2): 145-158.

*Arnaldoa* 19(1): 73 - 104, 2012 ISSN: 1815 - 8242

# Catálogo morfológico de otolitos (Sagitta) de peces marinos comerciales, Trujillo – Perú

## Morphological Catalog of otoliths (Sagitta) of commercial marine fish, Trujillo - Peru

*Alina Zafra Trelles, Moisés Díaz Barboza, Félix Dávila Gil*
Departamento de Pesquería – Universidad Nacional de Trujillo, Av. Juan Pablo II s/n. Trujillo, PERÚ.

### Resumen

Se elaboró un catálogo morfológico de otolitos (Sagitta) de peces marinos comerciales obtenidos del Mercado Mayorista Pesquero de Buenos Aires, Trujillo en el 2008. La muestra estuvo constituida por 223 ejemplares y se determinaron 38 especies correspondientes a 21 familias. Se obtuvieron fotografías de los otolitos y se describieron las características morfológicas para cada especie. Se encontró variación en la forma las que se aproximaron a la ovalada, rectangular, circular y triangular. La longitud de los otolitos varió entre 2,2 y 20 mm, el ancho entre 1,1 y 8,0 mm y el grosor entre 0,1 y 4,7 mm. El color de éstos fue blanco opaco a cristalino. En la morfología de los otolitos predominó la forma ovalada y existió variación intra e interespecífica. Se concluye que el catálogo de otolitos estuvo referido a 38 especies marinas.
**Palabras clave:** Catálogo de otolitos, morfología de otolitos, peces marinos.

### Abstract

A morphological catalog of otoliths (Sagitta) of marine comercial fishes from Mercado Mayorista Pesquero de Buenos Aires, Trujillo in 2008 were elaborated. The sample of 223 specimens was determinated corresponding to 38 species and 21 families. Otolith pictures were obtained and described the morphological characteristics for every one species. A variation in form was found and its was aproximated to oval, rectangular, circular and triangular. The otolith length range was 2,2 to 20 mm, wide varied between 1,1 to 8,0 mm and the gross between 0,1 to 4,7 mm. The color was opaque white to cristaline. In the morphology of otolith predominated the oval shape and was found intra and interspecific variation. It´s concluded that catalog otolith had 38 marine species.
**Key words:** Otoliths catalog, otoliths morphology, marine fishes.

### Introducción

Los otolitos son estructuras pares compuestos principalmente de Aragonita que es una forma de carbonato de calcio y una proteína denominada otolina (Degens *et al*., 1969). Se encuentran en el oído interno de los peces y sirven para la orientación, audición y equilibrio denominados sagitta, asteriscus y lapillus, siendo las sagittas los otolitos más grandes (Hildebrand, 1974; Campana & Casselman, 1993; Campana, 2004; Hernández *et al*., 2004; Popper *et al*., 2005; Lombarte *et al*., 2006).

Existen pocas investigaciones sobre los otolitos en peces, estando generalmente referidos a los estudios de edad y crecimiento (Morales, 1992; Tambari *et al*., 2005; Vaz dos Santos & Rossi, 2007). En Canadá, Escocia, Estados Unidos, Francia y Australia, dichas estructuras además han sido usadas en investigaciones relacionadas a la identificación taxonómica, discriminación de stock poblacionales, factores ambientales, alimentación de peces ictiófagos, y paleo ictiología.

Correa & Vianini (1992/93), Hernández *et al;* 2004 y Bergamino *et al.* (2005) reportan que generalmente una zona opaca y una zona hialina en los otolitos corresponden a un año de edad relacionada la primera a la abundancia de alimento y la segunda a la escasez de éste.

Los diferentes estudios analizados permiten inferir que los otolitos se convierten en un registro interno único y son fuente de información porque quedan grabados datos importantes para el manejo de los recursos pesqueros y además permiten conocer los cambios que se han producido durante su vida y en el ambiente. Asimismo ayudaría en la identificación de peces, en la ecología trófica para la determinación de los ítems alimentarios ya que al ser consumidos por otras especies carnívoras sólo quedan restos no digeribles, entre estos principalmente los otolitos.

Además, la comparación de las muestras de otolitos sagitta posibilita identificar a los peces usados como alimento por las poblaciones de las culturas prehispánicas, así como de su ambiente. Por ello, se tuvo como objetivo elaborar un catálogo morfológico de los otolitos (sagitta) de los peces comerciales de Trujillo, Perú.

## Material y Métodos

La muestra mensual de las especies ícticas marinas se obtuvo en el Mercado Mayorista Pesquero de Buenos Aires ubicado en el distrito de Buenos Aires a 4 km de la ciudad de Trujillo en el 2008. Se procesaron 223 ejemplares, cuyas especies fueron previamente determinadas con claves taxonómicas (Hildebrand, 1946; Chirichigno, 1974; Chirichigno & Vélez, 1998).

Los peces marinos fueron lavados con agua potable y luego colocados en bandejas de aluminio. La disección se inició con un corte en la región ventral desde el ano hasta extremo de la cabeza, eliminando los arcos branquiales, para dejar expuesta la base del cráneo.

De acuerdo a la característica morfológica del cráneo se procedió a un corte transversal aproximadamente a nivel de la tercera parte del cráneo, con un bisturí o cuchillo aserrado cuando eran anchos y en caso de cráneos estrechos el corte se realizó desde la base del paraesfenoides hacia la parte posterior, luego se eliminó todo tipo de tejido para la obtención de los otolitos sagitta con el uso de pinzas. En algunos casos este corte fue relativamente superficial y en otros casos fue necesario profundizarlo para tener acceso a los otolitos.

La dificultad para su obtención estuvo relacionada a la dureza y estructura del neurocráneo así como también a la ubicación, tamaño y fragilidad del otolito para lo cual se procedió con sumo cuidado para no extraviarlos y obtenerlos enteros. Una vez obtenidos los otolitos, los mas grandes se limpiaron y los pequeños se envolvieron directamente en papel aluminio y todos fueron guardados en frascos de vidrio de 3 cc registrando la especie.

Para la descripción morfológica de los otolitos se usó un estereoscopio Carl Zeiss con aumentos entre 0,63 a 2,5 X. En algunos casos fue necesario colocarlos en placas petri con agua destilada para eliminar las membranas adheridas, con el uso de estiletes y pinzas.

Posteriormente, se fotografiaron los otolitos de cada especie, colocando generalmente el derecho en la parte superior y el izquierdo en la parte inferior del campo del estereoscopio, para registrar la cara interna (convexa) y externa (cóncava). En caso de pérdida sólo se colocó un otolito o si este era muy grande se fotografiaron en dos partes para luego componer la foto. Las tomas fotográficas se realizaron a diferentes aumentos de acuerdo a su tamaño, usando una cámara digital de 8,1 megapixeles. Se reguló la intensidad de luz del estereoscopio usando además dos lámparas externas para la eliminación de sombras en los otolitos.

Para la descripción morfológica de los otolitos se consideraron los siguientes datos: forma general, bordes, rostrum, antirostrum, tamaño y coloración. Además, en la morfometría usando un vernier se determinó la longitud (borde anterior al borde posterior), ancho (borde dorsal al borde ventral) y grosor (altura de cara interna y externa) expresados en milímetros (Fig. 1). Para la descripción de los bordes, rostrum y antirostrum se utilizó la terminología mixta de Chumán (1969), Pareja (1971) y Hernández *et al.* (2004).

Igualmente, se consideró información sobre nombre científico, nombre común en castellano e inglés, familia y rango de tallas. Estos datos fueron registrados en fichas físicas y electrónicas para adjuntar a cada fotografía en el catálogo

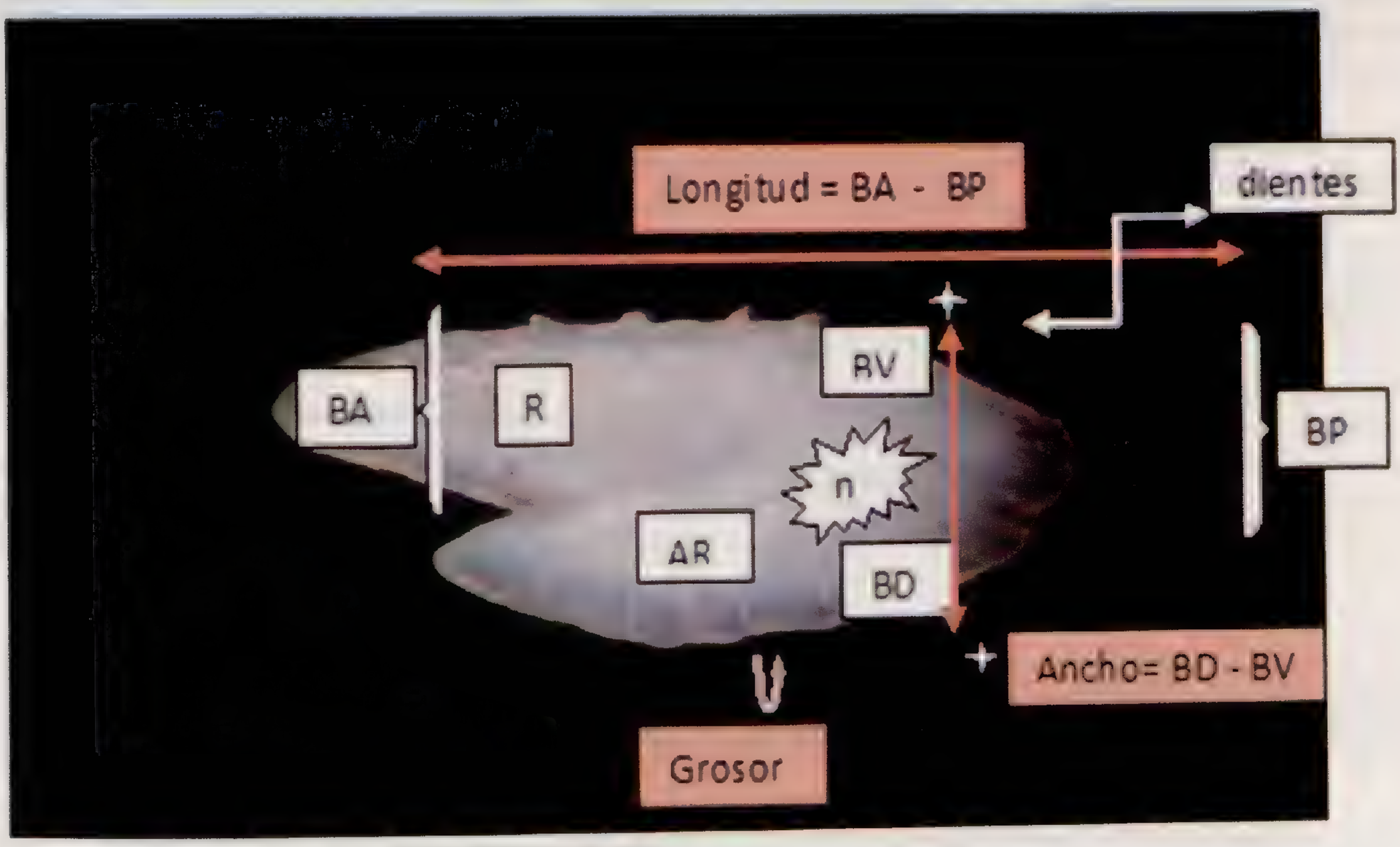



**Fig. 1.** Partes y dimensiones de un otolito sagitta de *Engraulis ringens* ¨anchoveta¨. R: rostrum, AR: antirostrum, n: núcleo, BA: borde anterior, BP: borde posterior, BD: borde dorsal, BV: borde ventral. Longitud (BA – BP), Ancho (BD – BV) y Grosor (altura cara externa a cara interna).

## Resultados

En el Mercado Mayorista Pesquero de Buenos Aires se concentra la mayor oferta de peces marinos para Trujillo, los cuales proceden generalmente de la zona norte del Perú. De los 223 ejemplares de peces marinos revisados se obtuvieron 21 familias entre las que destacaron principalmente los Sciaenidae, Haemulidae, Scombridae y Carangidae y se determinaron taxonómicamente a 38 especies (tabla, 1).

La familia Sciaenidae y Haemulidae se caracterizaron por tener otolitos grandes gruesos y fáciles de obtener, lo contrario sucedió con la familia Scombridae que presentaron otolitos pequeños, delgados, frágiles y dificiles de obtener, al igual que en la familia Carangidae quienes presentaron un cráneo estrecho.

La morfología de los otolitos caracterizó a la familia y a cada especie (anexo, 1 y 2), en el primer caso los otolitos tenían formas similares, grandes y gruesos como ocurrió en la familia Sciaenidae, en el segundo caso las características podían evidenciarse en la forma de rostrum o antirostrum y de alguna ornamentación en los bordes como el caso de *Paralonchurus peruanus* y *Cynoscion analis*. Es necesario destacar que en *Mugil cephalus* ¨lisa¨ se encontraron formas diferentes en sus otolitos (anexo 1), al igual que en los de *Hemanthias peruanus* ¨doncella¨ que presentaron marcadas diferencias en los bordes dorsal y ventral presentando ambas especies diferencias morfológicas de los otolitos y en *Ethmidium maculatum* ¨machete¨ el antirostrum presentó una deformación.

Los otolitos presentaron variedad de formas las cuales eran semejantes a la forma ovalada, rectangular, circular y triangular. Predominó la forma ovalada con un 78,9 %. Los bordes de los otolitos fueron irregulares con dentículos, festones y lisos los cuales se caracterizaron por ser pequeños, grandes, cónicos y romos. Una de las especies mas características con ornamentaciones en sus bordes fue *Schedophilus haedrichi* ¨cojinoba del norte o mocosa¨ Los rostrum y antirostrum fueron conspicuos

Tabla 1. Lista de las especies ícticas marinas que conforman el catálogo morfológico de otolitos (sagitta).

| N | Especie | N | Especie |
|---|---|---|---|
| I | *Paralonchurus peruanus* | XX | *Anisotremus taeniatus* |
| II | *Mugil cephalus* | XXI | *Anisotremus caesius* |
| III | *Strongylura exilis* | XXII | *Cilus gilberti* |
| IV | *Sarda chilensis chilensis* | XXIII | *Engraulis ringens* |
| V | *Trachurus picturatus murphyi* | XXIV | *Selene peruviana* |
| VI | *Scomber japonicus* | XXV | *Larimus acclivis* |
| VII | *Stromateus stellatus* | XXVI | *Menticirrhus ophicephalus* |
| VIII | *Cynoscion analis* | XXVII | *Scomberomorus sierra* |
| IX | *Paralabrax humeralis* | XXVIII | *Paralichthys adspersus* |
| X | *Odontesthes regia regia* | XXIX | *Labrisomus philipii* |
| XI | *Anisotremus interruptus* | XXX | *Sciaena fasciata* |
| XII | *Centropomus robalito* | XXXI | *Peprilus medius* |
| XIII | *Ethmidium maculatum* | XXXII | *Lutjanus argentiventris* |
| XIV | *Cheilodactylus variegatus* | XXXIII | *Etropus peruvianus* |
| XV | *Sciaena deliciosa* | XXXIV | *Selar crumenophthalmus* |
| XVI | *Merluccius gayi peruanus* | XXXV | *Schedophilus haedrichi* |
| XVII | *Hemanthias peruanus* | XXXVI | *Anisotremus scapularis* |
| XVIII | *Genypterus maculatus* | XXXVII | *Larimus pacificus* |
| XIX | *Caulolatilis affinis* | XXXVIII | *Sphyraena ensis* |

en *Sarda chilensis* chilensis ¨bonito¨, *Engraulis ringens* ¨anchoveta¨. En otros casos presentaron escotaduras marcadas como en *Ethmidium maculatum* ¨machete¨.

Se encontró también en la cara externa del otolito las líneas de crecimiento visibles para la mayoría de especies con excepción de los otolitos muy gruesos o muy curvados como los Sciaenidae, Haemulidae, Serranidae y Centropomidae. Algunas especies como *Larimus pacificfus* y *L. acclivis* ¨bereches¨ presentaron entre uno a cinco mamelones e inclusive se observó mamelones en la anchoveta, los cuales se ubicaban en la parte central cercano al núcleo y que en otros ejemplares de la misma especie de mayor talla estaban ausentes.

En la cara interna de éste se encontró el sulco y fue pronunciado en las familias Serranidae, Haemulidae, Stromatidae y Sciaenidae. En otras especies, como *Paralabrax humeralis* ¨cabrilla¨ y *Etropus peruvianus* ¨lenguado¨ se encontró un mayor tamaño para el otolito izquierdo. En cuanto al color de los otolitos fue blanco opaco generalmente en aquellos otolitos grandes

como los de Sciaenidae, Haemulidae, Centropomidae y Merlucciidae y cristalinos en los Scombridae, Stromatidae, Engraulidae, Cheilodactylidae y Carangidae.

En las especies *Etropus peruvianus* ¨lenguado¨, *Selar crumenophthalmus* ¨jurel ojón¨, *Peprilus medius* ¨palometa¨ *Cheilodactylus variegatus* ¨pintadilla y *Scomber japonicus* ¨caballa¨ se encontraron los tres pares de otolitos: asteriscus, sagitta y lapillus envueltos cada uno en su membrana. El asteriscus se encontró ubicado en el borde anterior y tuvo aspecto circular con varias capas sobrepuestas de carbonato de calcio y el lapillus en el borde posterior con forma de arco (fig, 2).

La morfometría de los otolitos examinados varió en su longitud entre 2,2 y 20 mm, el ancho entre 1,1 y 8,0 mm y el grosor entre 0,1 y 4,7.

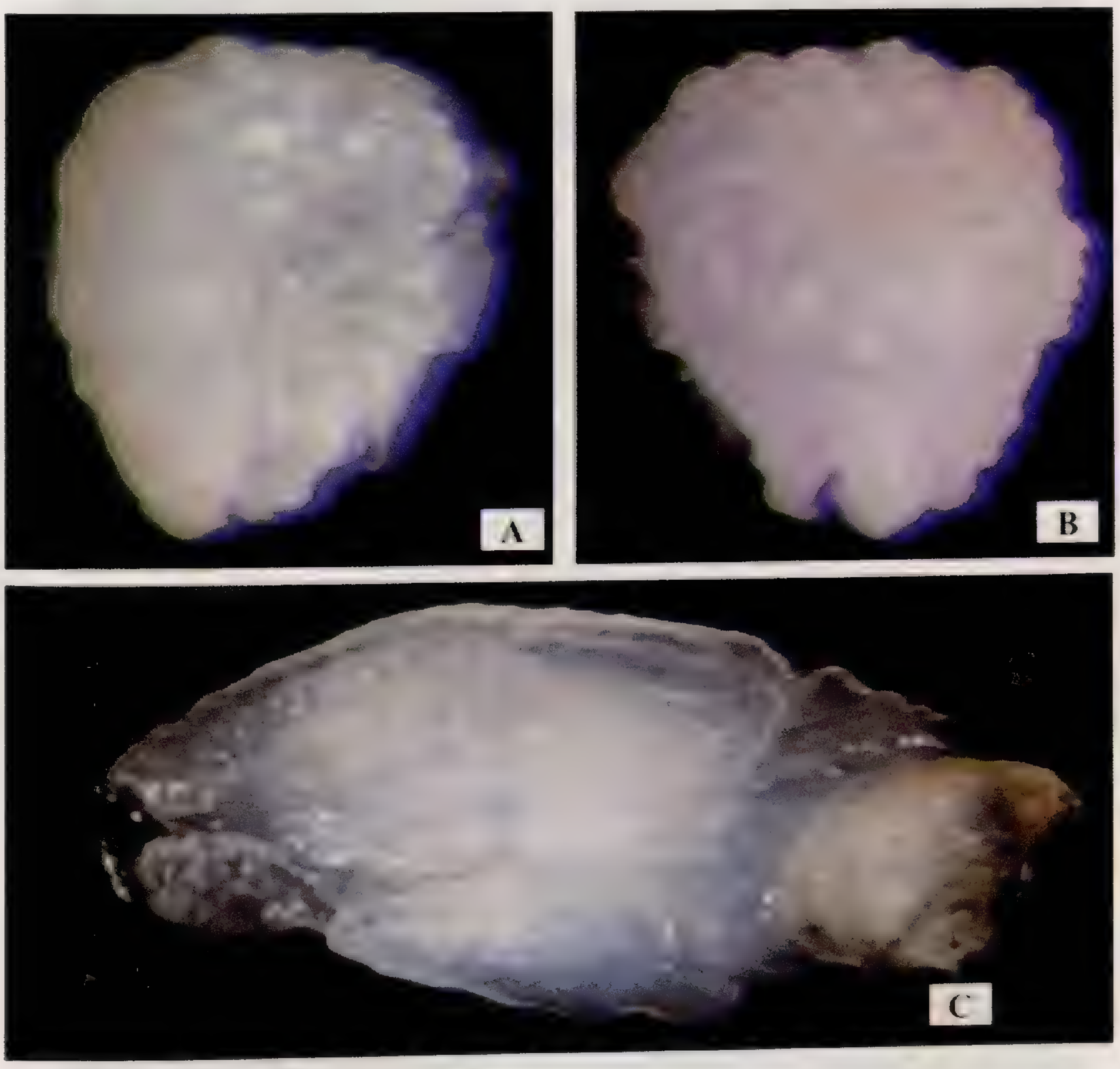



**Fig. 2.** Asteriscus (5 X) de *Selar crumenophthalmus* "jurel ojón" **a:** cara interna **b:** cara externa y **c:** asteriscus en borde anterior, sagitta parte central y lapillus en borde posterior del otolito.

## Catálogo Morfólogico de Otolitos (Sagitta)

I. Nombre científico: *Paralonchurus peruanus*
Nombre común en castellano: coco, suco, roncador
Nombre común en Inglés coco croaker
Familia: Sciaenidae
Talla (cm): 21,5 a 27,0

**DESCRIPCIÓN MORFOLÓGICA DEL OTOLITO**

**Forma general:** rectangular. **Bordes:** anterior convexo con pequeña cisura, posterior recto, dorsal con una a dos escotaduras y ventral liso. Rostrum y Antirostrum: no conspicuos. **Tamaño:** grande. **Color:** blanco opaco. **Morfometría (mm):** longitud 9-11, ancho 3,5 – 4,0 y grosor: 2 a 3.

II. Nombre científico: *Mugil cephalus*
Nombre común en castellano: lisa
Nombre común en Inglés striped mullet
Familia: Mugilidae
Talla (cm): 28 a 34

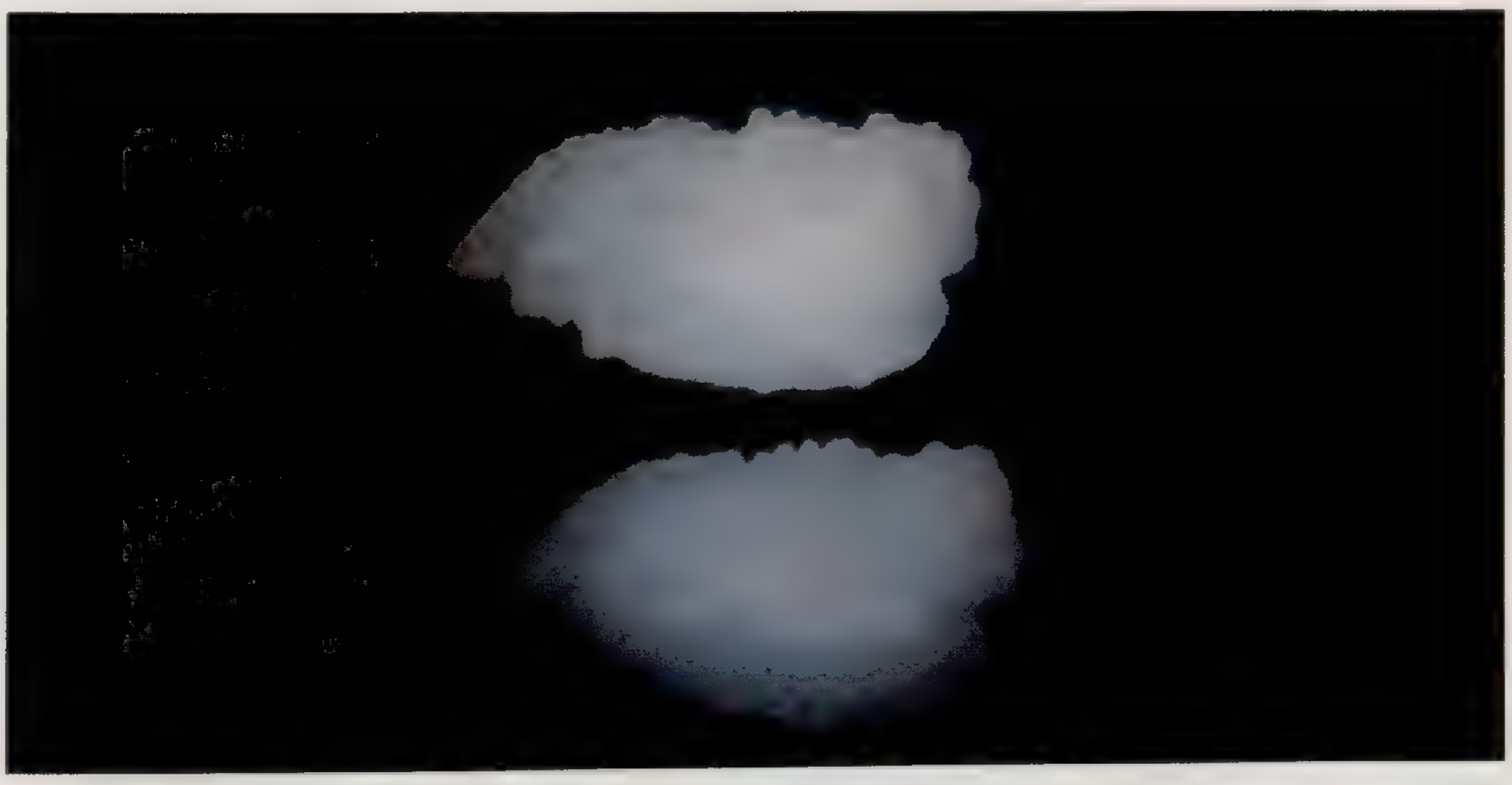
**DESCRIPCIÓN MORFOLÓGICA DEL OTOLITO**

**Forma general:** ovalada irregular. **Bordes:** anterior en punta, posterior convexo, dorsal irregular. Rostrum y **Antirostrum:** no conspicuos. **Tamaño:** mediano. **Color:** blanco opaco. **Morfometría (mm):** longitud 6,5–8,0, ancho 3,5–4,0, grosor 0,7 a1.

III. Nombre científico: *Strongylura exilis*
Nombre común en castellano: aguja
Nombre común en Inglés: pike needlefish
Familia: Belonidae
Talla (cm): 78 a 79

**DESCRIPCIÓN MORFOLÓGICA DEL OTOLITO**

**Forma general:** ovalada. **Bordes:** anterior en punta, posterior irregular con escotadura, dorsal curvo y ventral festoneado. **Rostrum y Antirostrum:** no conspicuos. **Tamaño:** mediano. **Color:** blanco opaco. **Morfometría (mm):** longitud 7 – 8, ancho 3, grosor 0,8 a 1,0.



IV. Nombre científico: *Sarda chilensis chilensis*
Nombre común en castellano: bonito
Nombre común en Inglés: Easter Pacific bonito
Familia: Scombridae
Talla (cm): 50 a 54

**DESCRIPCIÓN MORFOLÓGICA DEL OTOLITO**

**Forma general:** triangular. **Bordes:** anterior en punta, posterior con ondas, dorsal con ondas y ventral con ondas pequeñas. **Rostrum y Antirostrum:** conspicuos separados por una escotadura pronunciada. **Tamaño:** pequeño. **Color:** transparente. **Morfometría (mm):** longitud 6, ancho 2, grosor 0,3.

V. Nombre científico: *Trachurus picturatus murphyi*
Nombre común en castellano: jurel, furel.
Nombre común en Inglés: southern jack mackerel
Familia: Carangidae
Talla (cm): 27,0 a 33,5

**DESCRIPCIÓN MORFOLÓGICA DEL OTOLITO**

**Forma general:** ovalada irregular. **Bordes:** anterior en punta, posterior festoneado, dorsal festoneado, ventral curvo. **Rostrum y Antirostrum:** no conspicuos. **Tamaño:** mediano. **Color:** transparente. **Morfometría (mm):** longitud 7 – 9, ancho 3 – 4, grosor 0,2 a 0,5.

VI. Nombre científico: *Scomber japonicus*
Nombre común en castellano: caballa
Nombre común en Inglés: pacific mackerel
Familia: Scombridae
Talla (cm): 35,5 a 36,0

**DESCRIPCIÓN MORFOLÓGICA DEL OTOLITO**

**Forma general:** rectangular. **Bordes:** anterior con dos escotaduras, posterior convexo, dorsal cóncavo y ventral recto. **Rostrum y Antirostrum:** no conspicuos.**Tamaño:** pequeño. **Color:** cristalino. **Morfometría:** longitud 3,8 – 4,0, ancho 2,0 – 2,9 , grosor 0,1.

VII. Nombre científico: *Stromateus stellatus*
Nombre común en castellano: chilindrina
Nombre común en Inglés: starry butterfish
Familia: Stromateidae
Talla (cm): 28,5 a 29,0

**DESCRIPCIÓN MORFOLÓGICA DEL OTOLITO**

**Forma general:** ovalada irregular. **Bordes:** anterior en punta, posterior en punta, dorsal con ondas y ventral con tres dientes romos. **Rostrum y Antirostrum:** conspicuos. **Tamaño:** mediano. **Color:** transparente. **Morfometría (mm)**: longitud 6 – 8, ancho 3,0 – 3,8, grosor 0,2 a 0,5.

VIII. Nombre científico: *Cynoscion analis*
Nombre común en castellano: cachema, ayanque
Nombre común en Inglés: peruvian weakfish
Familia: Sciaenidae
Talla (cm): 16 a 27

**DESCRIPCIÓN MORFOLÓGICA DEL OTOLITO**

**Forma general:** ovalada. **Bordes:** anterior convexo, posterior convexo oblicuo, dorsal lineal y ventral algo convexo. **Rostrum y Antirostrum:** no se observan. **Tamaño:** grande. **Color:** blanco opaco. **Morfometría (mm):** longitud 7 – 12, ancho 3,8 – 5,2, grosor 1,0 a 2,9.

IX. Nombre científico: *Paralabrax humeralis*
Nombre común en castellano: cabrilla
Nombre común en Inglés: peruvian rock seabass
Familia: Serranidae
Talla (cm): 21,0 a 26,3

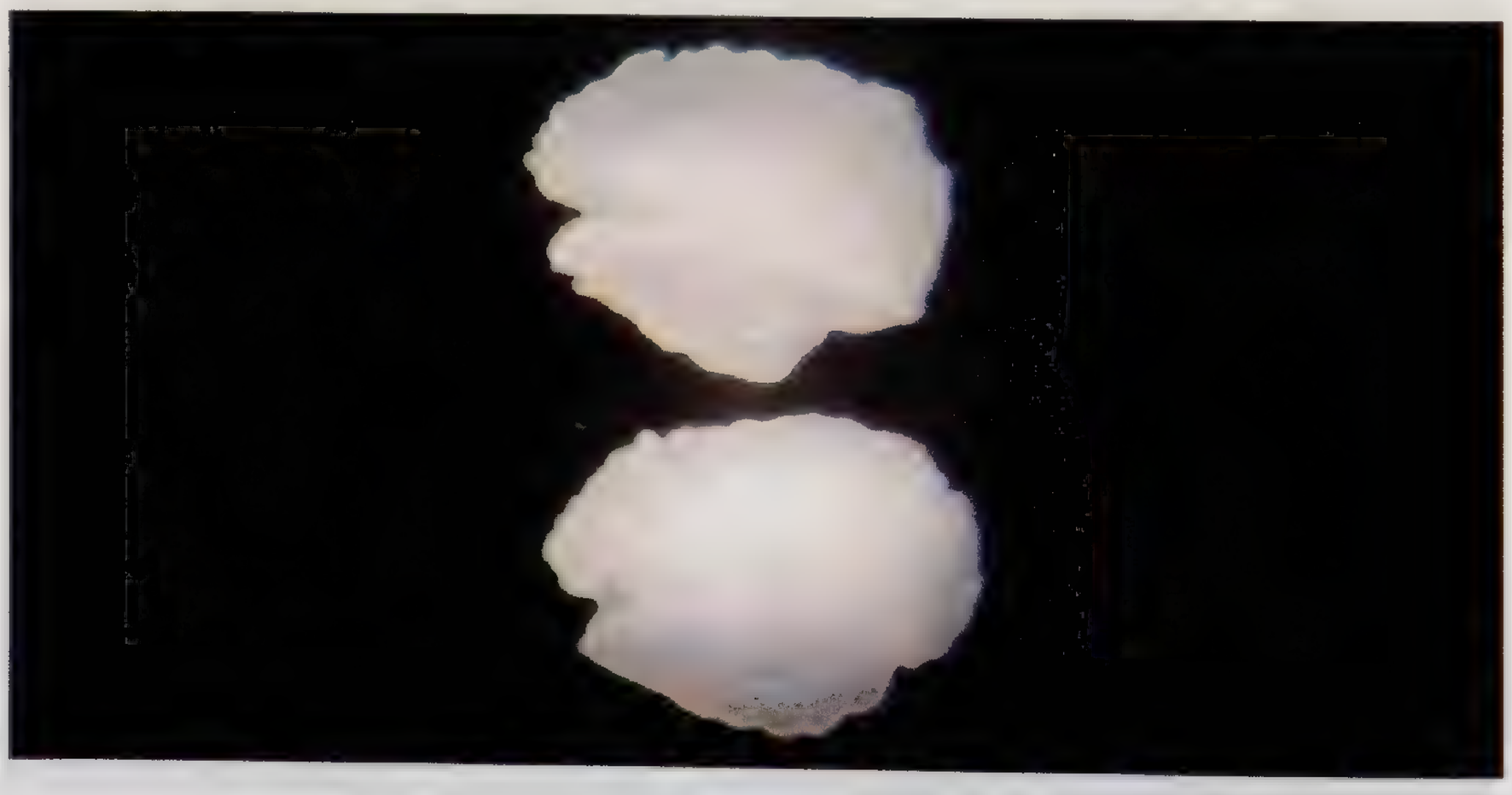
**DESCRIPCIÓN MORFOLÓGICA DEL OTOLITO**

**Forma general:** ovalada. **Bordes:** anterior en punta, posterior en punta, dorsal festoneado y ventral algo curvo. **Rostrum y Antirostrum:** conspicuos. **Tamaño:** mediano. **Color:** blanco cristalino. **Morfometría (mm):** longitud 6,7 – 9,0, ancho 2,4 – 3,6, grosor 0,4 a 0,6.

X. Nombre científico: *Odontesthes regia regia*
Nombre común en castellano: pejerrey
Nombre común en Inglés: peruvian silverside
Familia: Atherinidae
Talla (cm): 16 a 19

**DESCRIPCIÓN MORFOLÓGICA DEL OTOLITO**

**Forma general:** circular. **Bordes:** anterior con escotadura central, posterior convexo, dorsal ondulado y ventral ondulado. **Rostrum y Antirostrum:** conspicuos. **Tamaño:** pequeño. **Color:** blanco opaco. **Morfometría (mm):** longitud 2,8 – 4,0, ancho 2,0 – 3,0 , grosor 0,1 a 0,3.



XI. Nombre científico: *Anisotremus interruptus*
Nombre común en castellano: chita dorada
Nombre común en Inglés: burrito grunt
Familia: Haemulidae
Talla (cm): 21,0 a 23,5

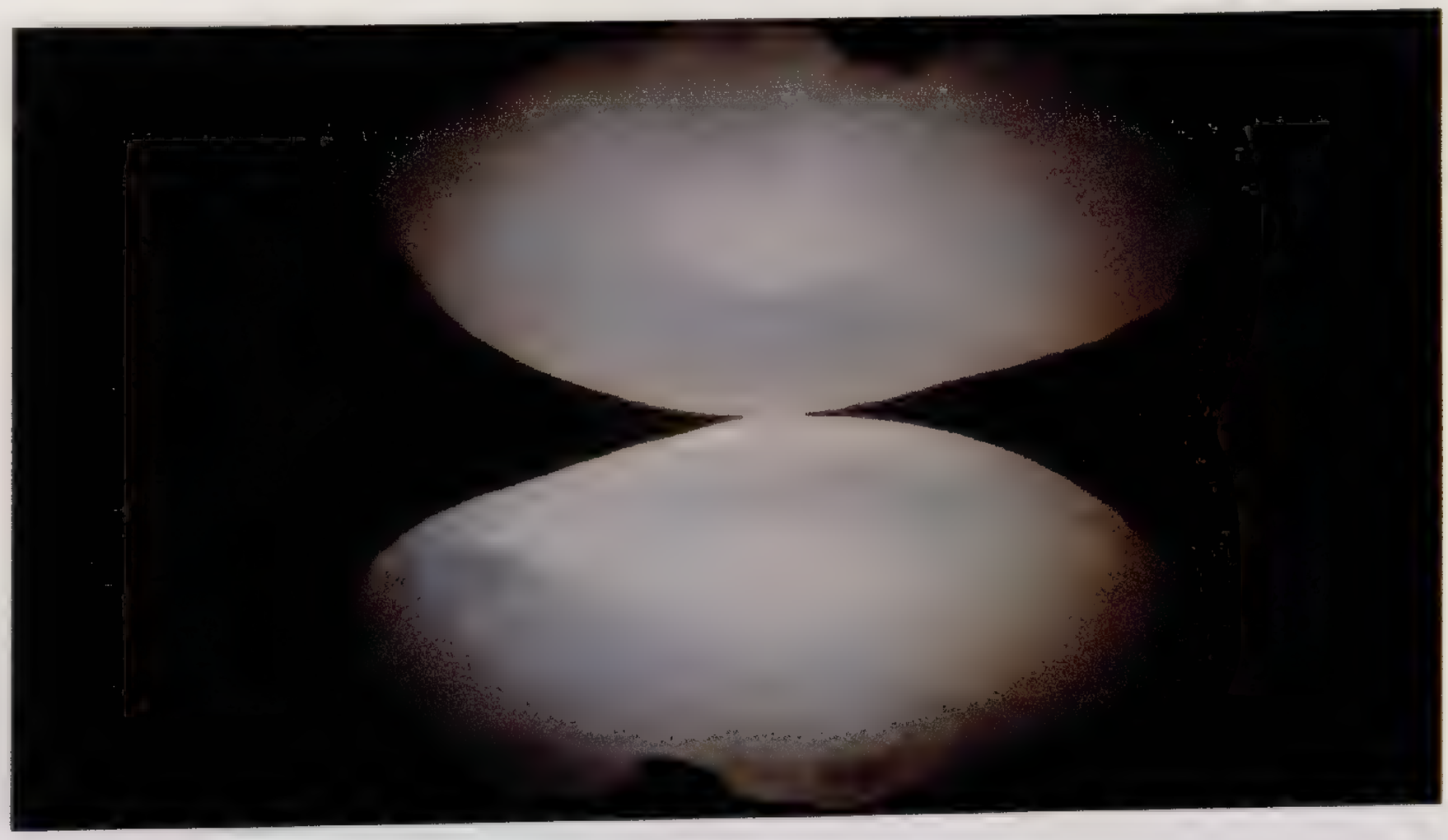
**DESCRIPCIÓN MORFOLÓGICA DEL OTOLITO**

**Forma general:** ovalada. **Bordes:** anterior convexo, posterior convexo, dorsal denticulado y ventral denticulado. **Rostrum y Antirostrum:** no se observan. **Tamaño:** grandes. **Color:** blanco opaco. **Morfometría (mm):** longitud 7,2 – 8,6, ancho 4,1 – 6,0, grosor 0,5 a 1,0.

XII. Nombre científico: *Centropomus robalito*
Nombre común en castellano: robalito de aleta amarilla
Nombre común en Inglés: yellow fin snook
Familia: Centropomidae
Talla (cm): 29 a 31

**DESCRIPCIÓN MORFOLÓGICA DEL OTOLITO**

**Forma general:** ovalada. **Bordes:** anterior convexo, posterior convexo, dorsal con escotadura prominente y ventral liso. **Rostrum y Antirostrum:** no se observan. **Tamaño:** grande. **Color:** blanco algo cristalinos. **Morfometría (mm):** longitud 10 – 13, ancho 7 – 8, grosor 2,2 a 3,0.



XIII. Nombre científico: *Ethmidium maculatum*
Nombre común en castellano: machete
Nombre común en Inglés: pacific menhaden
Familia: Cupleidae
Talla (cm): 25 a 28

**DESCRIPCIÓN MORFOLÓGICA DEL OTOLITO**

**Forma general:** ovalada irregular. Bordes: anterior en punta, posterior convexo, dorsal curvo y ventral denticulado. Rostrum y Antirostrum: conspicuos. Tamaño: pequeño. Color: cristalino. Morfometría (mm): longitud 4 – 5, ancho 1,4 – 2,0, grosor 0,1 a 0,2.

XIV. Nombre científico: *Cheilodactylus variegatus*
Nombre común en castellano: pintadilla
Nombre común en Inglés: peruvian morwong
Familia: Cheilodactylidae
Talla (cm): 22 a 25

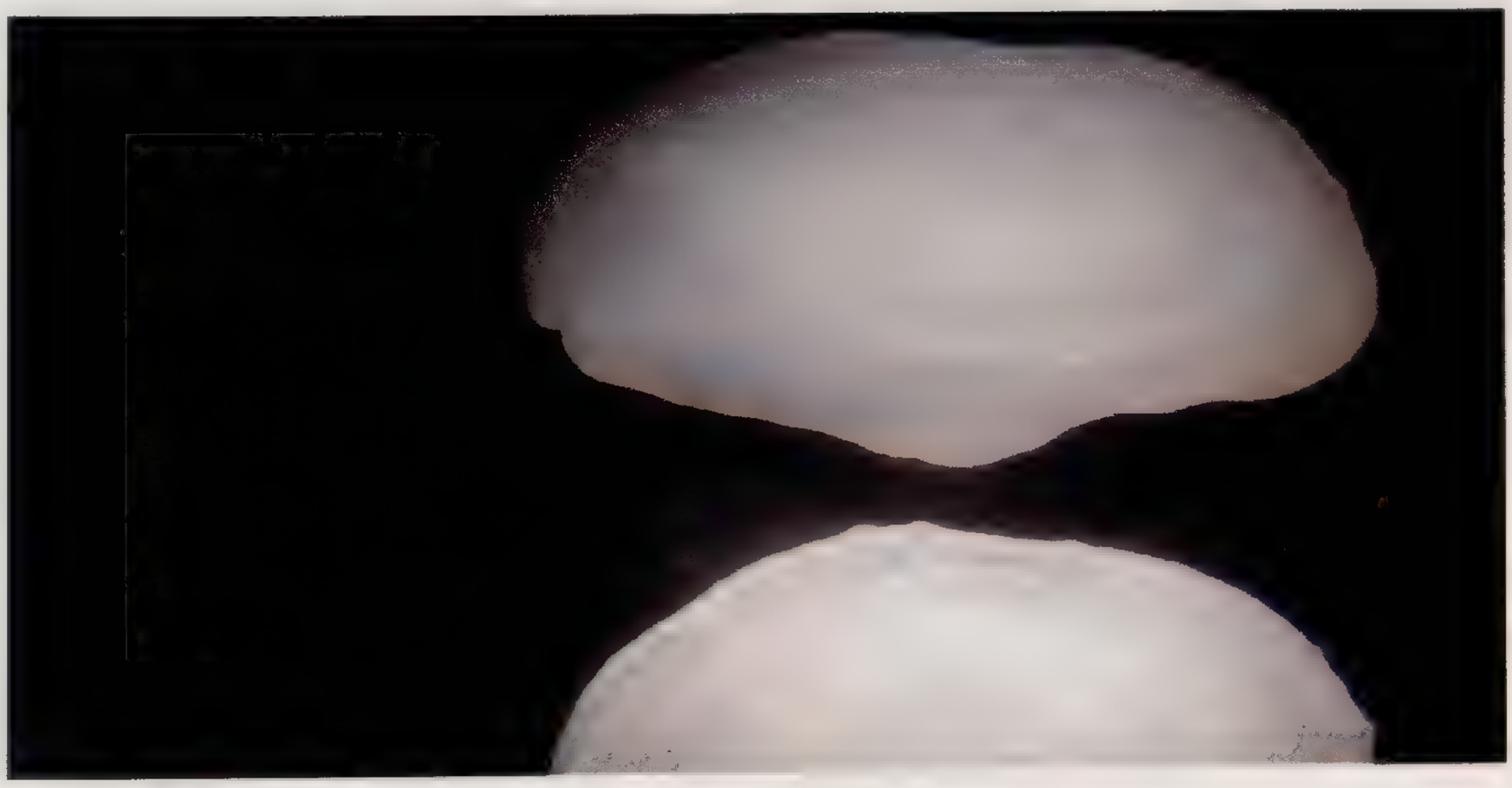
**DESCRIPCIÓN MORFOLÓGICA DEL OTOLITO**

**Forma general:** ovalada. Bordes: anterior casi recto, posterior convexo, dorsal convexo y ventral algo convexo. Rostrum y Antirostrum: poco conspicuos. Tamaño: pequeño. Color: blanco opaco. Morfometría (mm): longitud 4 – 6, ancho 2, grosor 0,1 a 0,3.

XV. Nombre científico: *Sciaena deliciosa*
Nombre común en castellano: lorna
Nombre común en Inglés: lorna drum
Familia: Sciaenidae
talla (cm): 28,5 a 29,0

**DESCRIPCIÓN MORFOLÓGICA DEL OTOLITO**

**Forma general:** ovalada. Bordes: anterior convexo con una pequeña cisura, posterior convexo, dorsal con prominencia central y ventral convexo. Rostrum y Antirostrum: no conspicuos. Tamaño: grande. Color: blanco opaco. Morfometría(mm): longitud 6,3 – 10,0, ancho 6, grosor 3.



XVI. Nombre científico: *Merluccius gayi peruanus*
Nombre común en castellano: merluza
Nombre común en Inglés: south pacific hake
Familia: Merlucciidae
Talla (cm): 36,3 a 46,3

**DESCRIPCIÓN MORFOLÓGICA DEL OTOLITO**

**Forma general:** ovalada. Bordes: anterior convexo denticulado, posterior en punta, dorsal con ondas y ventral convexo. Rostrum y Antirostrum: no se observan. Tamaño: grande. Color: blanco opaco. Morfometría (mm): longitud 12 - 20, ancho 6 – 7, grosor 1,0 a 1,3.

XVII. Nombre científico: *Hemanthias peruanus*

Nombre común en castellano: doncella

Nombre común en Inglés: splittail seaperch

Familia: Serranidae

Talla (cm): 37 a 42

**DESCRIPCIÓN MORFOLÓGICA DEL OTOLITO**

**Forma general:** ovalada. Bordes: anterior recto, posterior convexo, dorsal festoneado, y ventral convexo. Rostrum y Antirostrum: no conspicuos. Tamaño: grande. Color: blanco opaco. Morfometría (mm): longitud 10 – 11, ancho 6 grosor 1,4.

XVIII. Nombre científico: *Genypterus maculatus*

Nombre común en castellano: congrio

Nombre común en Inglés: black cusk eel

Familia: Ophidiidae

Talla (cm): 38,5 a 42,0

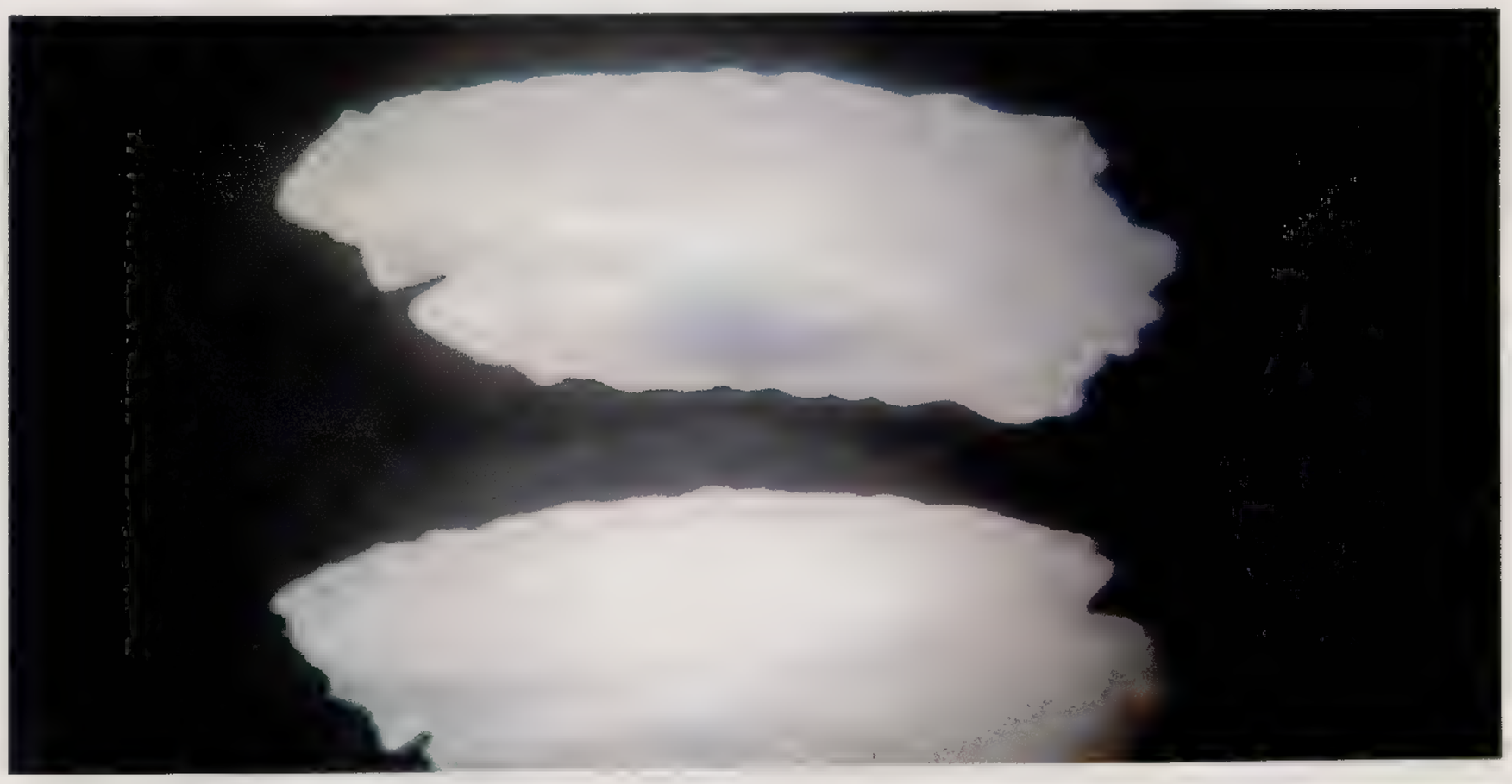
**DESCRIPCIÓN MORFOLÓGICA DEL OTOLITO**

**Forma general:** rectangular. Bordes: anterior festoneado, posterior festoneado, dorsal sin festones y ventral sin festones. Rostrum y Antirostrum: no se observan. Tamaño: grande. Color: blanco opaco. Morfometría (mm): longitud 9, ancho 5, grosor 1.

XIX. Nombre científico: *Caulolatilis affinis*
Nombre común en castellano: peje blanco
Nombre común en Inglés: bighead tilefisfh
Familia: Malacanthidae
Talla (cm): 25 a 29

**DESCRIPCIÓN MORFOLÓGICA DEL OTOLITO**

**Forma general:** rectangular. Bordes: anterior oblicuo con cisura, posterior con dos escotadura, dorsal con ondas y ventral con ondas. Rostrum y Antirostrum: poco conspicuos. Tamaño: mediano. Color: blanco opaco. Morfometría (mm): longitud 5,3 – 7, ancho 3, grosor 0,3 a 0,8.



XX. Nombre científico: *Anisotremus taeniatus*
Nombre común en castellano: sargo rayado
Nombre común en Inglés: pacific porkfish
Familia: Haemulidae
Talla (cm): 22 a 24

**DESCRIPCIÓN MORFOLÓGICA DEL OTOLITO**

**Forma general:** ovalada. Bordes: anterior convexo, posterior en punta roma, dorsal curvo y ventral curvo. Rostrum y Antirostrum: no conspicuos. Tamaño: grande. Color: blanco opaco. Morfometría (mm): longitud 8 -9, ancho 4,8 – 5,5, grosor 1.

XXI. Nombre científico: *Anisotremus caesius*

Nombre común en castellano: roncador

Nombre común en Inglés: silver grey grunt

Familia: Haemulidae

Talla (cm): 22,5 a 37,5

**DESCRIPCIÓN MORFOLÓGICA DEL OTOLITO**

**Forma general:** ovalada. Bordes: anterior con escotadura central, posterior convexo, dorsal convexo y ventral algo convexo con ondas. Rostrum y Antirostrum: poco conspicuos. Tamaño: grande. Color: blanco opaco. Morfometría (mm): longitud 8,1 – 9,0, ancho 3,4 – 5,2, grosor 1.

XXII. Nombre científico: *Cilus gilberti*

Nombre común en castellano: corvina

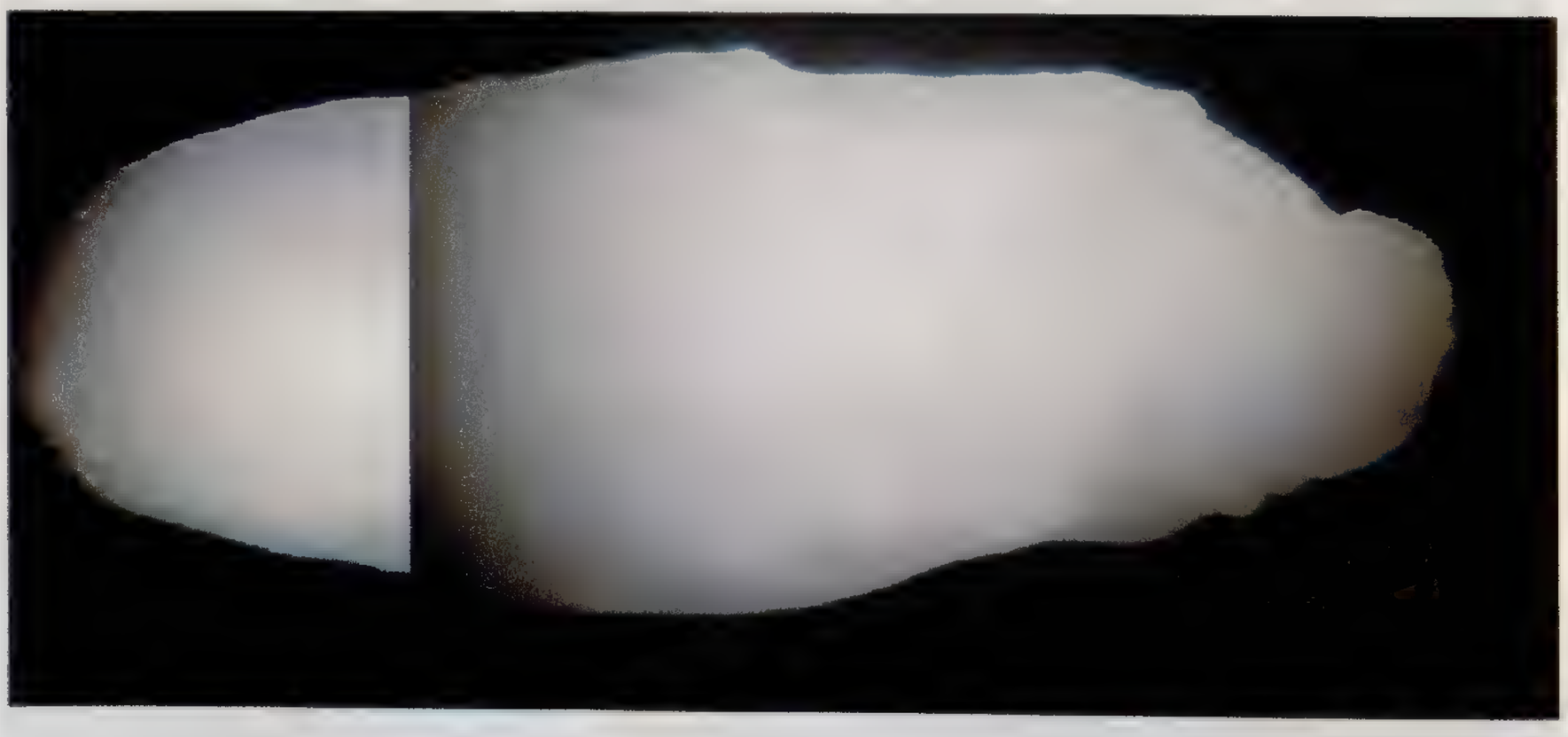
Nombre común en Inglés: corvina drum

Familia: Sciaenidae

Talla (cm): 48,5

**DESCRIPCIÓN MORFOLÓGICA DEL OTOLITO**

**Forma general:** ovalada. Bordes: anterior festoneado, posterior festoneado, dorsalpoco convexo y ventral poco convexo. Rostrum y Antirostrum: no se observan. Tamaño: grande. Color: blanco opaco. Morfometría (mm): longitud 17, ancho 7, grosor 3.



XXIII. Nombre científico: *Engraulis ringens*
Nombre común en castellano: anchoveta
Nombre común en Inglés: peruvian anchovy
Familia: Engraulidae
Talla (cm): 8,3 a 13,5

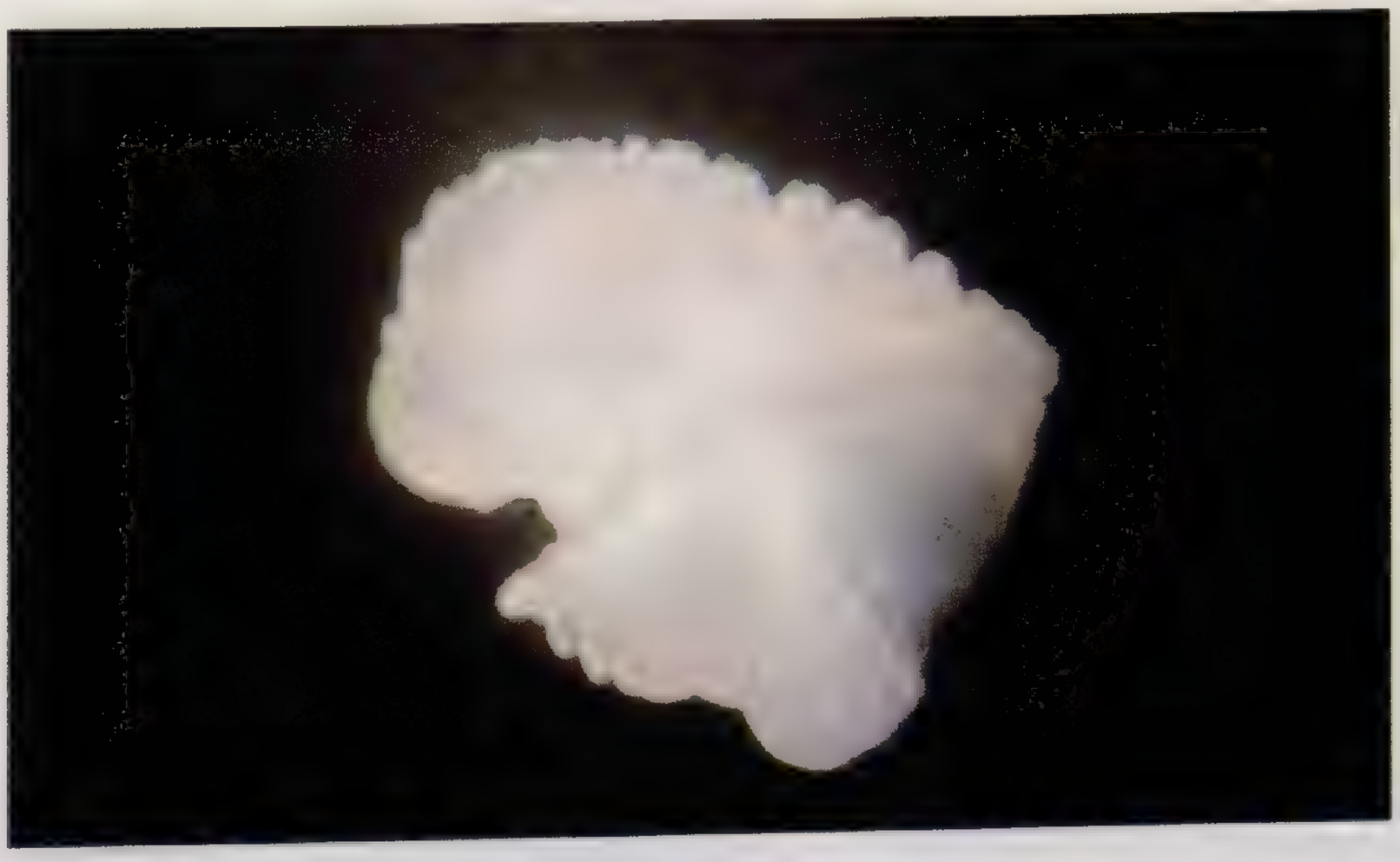
**DESCRIPCIÓN MORFOLÓGICA DEL OTOLITO**

**Forma general:** ovalada. Bordes: anterior en dos puntas con cisura, posterior convexo, dorsal convexo y ventral con dentículos. Rostrum y Antirostrum: conspicuos. Tamaño: pequeño. Color: cristalino. Morfometría(mm): longitud 2,2 - 3,0, ancho 1,1 – 2,0, grosor 0,1.

XXIV. Nombre científico: *Selene peruviana*
Nombre común en castellano: jorobado
Nombre común en Inglés: pacific moonfish
Familia: Carangidae
Talla (cm): 22,0 a 25,5

**DESCRIPCIÓN MORFOLÓGICA DEL OTOLITO**

**Forma general:** ovalada irregular. Bordes: anterior convexo con escotadura, posterior en punta, dorsal festoneado y ventral convexo con ondas. Rostrum y Antirostrum: conspiucuos. Tamaño: pequeño. Color: algo cristalino. Morfometría: longitud 4,3 – 4,4, ancho 2,3 – 3,0, grosor 0,2.



XXV. Nombre científico: *Larimus acclivis*

Nombre común en castellano: bereche, bombache, boquinete

Nombre común en Inglés: steeplined drum

Familia: Sciaenidae

Talla (cm): 20,0 a 24,5

**DESCRIPCIÓN MORFOLÓGICA DEL OTOLITO**

**Forma general:** ovalada. Bordes: anterior convexo con una ligera cisura central, posterior convexo, dorsal convexo ligeramente ondulado y ventral con ondulaciones tenues. Rostrum y Antirostrum: no se observan. Tamaño: grande. Color: blanco opaco. Morfometría (mm): longitud 9,0 – 11,4, ancho 5 – 6, grosor 3,3 a 4,0.

XXVI. Nombre científico: *Menticirrhus ophicephalus*

Nombre común en castellano: misho

Nombre común en Inglés: mismis King croaker

Familia: Sciaenidae

Talla (cm): 27,5 a 29,0

**DESCRIPCIÓN MORFOLÓGICA DEL OTOLITO**

**Forma general:** rectangular. Bordes: anterior convexo, posterior recto inclinado, dorsal algo convexo y ventral algo cóncavo. Rostrum y Antirostrum: no se observan. Tamaño: grande. Color: blanco opaco. Morfometría(mm): longitud 6,0 – 8,2, ancho 2,0 – 2,2, grosor 1.

XXVII. Nombre científico: *Scomberomorus sierra*

Nombre común en castellano: sierra

Nombre común en Inglés: pacific sierra

Familia: Scombridae

Talla (cm): 39,5 a 47,5

**DESCRIPCIÓN MORFOLÓGICA DEL OTOLITO**

**Forma general:** triangular. Bordes: anterior en recto, posterior recto, dorsal convexo con una escotadura conspicua y ventral convexo ondulado. Rostrum y Antirostrum: conspicuos. Tamaño: pequeño. Color: cristalino. Morfometría: longitud 5,1, ancho 2,4 – 3,2, grosor 0,1 a 0,4.

XXVIII. Nombre científico: *Paralichthys adspersus*

Nombre común en castellano: lenguado

Nombre común en Inglés: fine flounder

Familia: Bothidae

Talla (cm): 29,5

**DESCRIPCIÓN MORFOLÓGICA DEL OTOLITO**

**Forma general:** ovalada. Bordes: anterior convexo, posterior algo curvado con una ecotadura, dorsal convexo irregular y ventral convexo. Rostrum y Antirostrum: conspicuos. Tamaño: pequeño. Color: blanco opaco. Morfometría (mm): longitud 5,4, ancho 3,0, grosor 0,7.

XXIX. Nombre científico: *Labrisomus philipii*
Nombre común en castellano: trambollo
Nombre común en Inglés: chalapo clinid
Familia: Labrisomidae
Talla (cm): 22,0 a 23,5

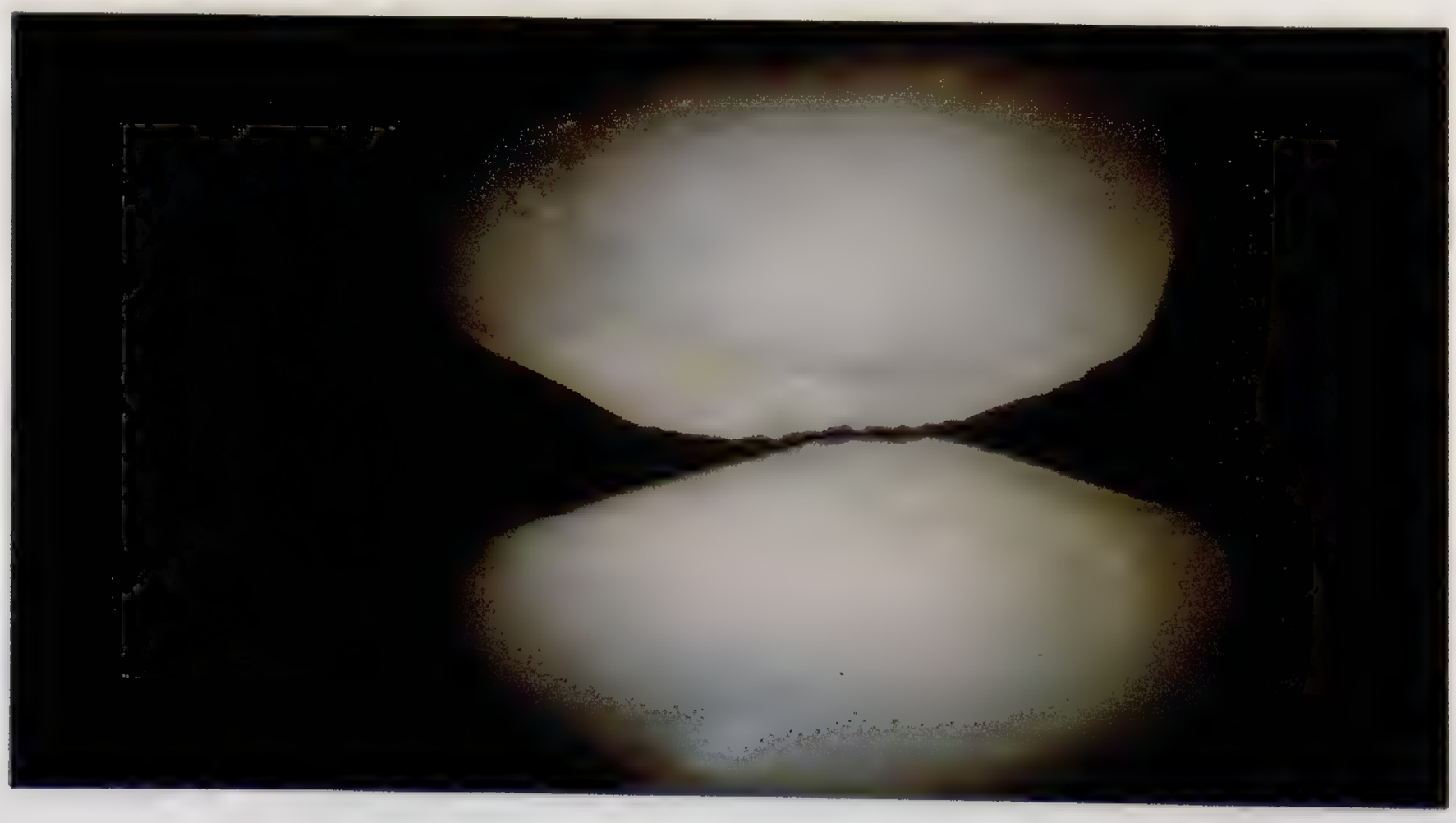
**DESCRIPCIÓN MORFOLÓGICA DEL OTOLITO**

**Forma general:** ovalada. Bordes: anterior en punta, posterior convexo, dorsal convexo con ondas y ventral algo convexo con ondulaciones pequeñas. Rostrum y Antirostrum: conspicuos. Tamaño: pequeños. Color: blanco opaco.Morfometría (mm): longitud 3,4 – 4,4, ancho 2,0 – 2,1, grosor 0,2 a 0,3.

XXX. Nombre científico: *Sciaena fasciata*
Nombre común en castellano: burro
Nombre común en Inglés: arnillo drum
Familia: Sciaenidae
Talla (cm): 32,5

**DESCRIPCIÓN MORFOLÓGICA DEL OTOLITO**

**Forma general:** ovalada. Bordes: anterior convexo, posterior convexo, dorsal convexo con pequeñas ondulaciones y ventral convexo. Rostrum y Antirostrum: no se observan. Tamaño: grande. Color:blanco opaco. Morfometría: longitud 10,8, ancho 4,0, grosor 4,0.



XXXI. Nombre científico: *Peprilus medius*
Nombre común en castellano: palometa, cometrapo, pampanito.
Nombre común en Inglés: pacific harvest fish
Familia: Stromateidae
Talla (cm): 23 a 29

**DESCRIPCIÓN MORFOLÓGICA DEL OTOLITO**

**Forma general:** ovalada. Bordes: anterior en punta, posterior convexo con escotadura pequeña, dorsal convexo con ondulaciones y ventral algo convexo con escotaduras conspicuas. Rostrum y Antirostrum: conspicuos. Tamaño: mediano. Color: cristalino. Morfometría (mm): longitud 6,3 – 9,0, ancho 3,0 – 3,2, grosor 0,2 a 0,4

XXXII. Nombre científico: *Lutjanus argentiventris*
Nombre común en castellano: pargo amarillo
Nombre común en Inglés: yellow snapper
Familia: Lutjanidae
Talla (cm): 22,5 a 37,5

**DESCRIPCIÓN MORFOLÓGICA DEL OTOLITO**

**Forma general:** ovalada. Bordes: anterior en punta poco pronunciada, posterior convexo, dorsal convexo y ventral convexo. Rostrum y Antirostrum: poco conspicuos. Tamaño: grande. Color: blanco opaco. Morfometría (mm): longitud 8,1 – 9,0, ancho 3,4 – 5,1, grosor 1

XXXIII. Nombre científico: *Etropus peruvianus*
Nombre común en castellano: lenguado, zapato
Nombre común en Inglés: peruvian flounder
Familia: Bothidae
Talla (cm): 21 a 27

**DESCRIPCIÓN MORFOLÓGICA DEL OTOLITO**

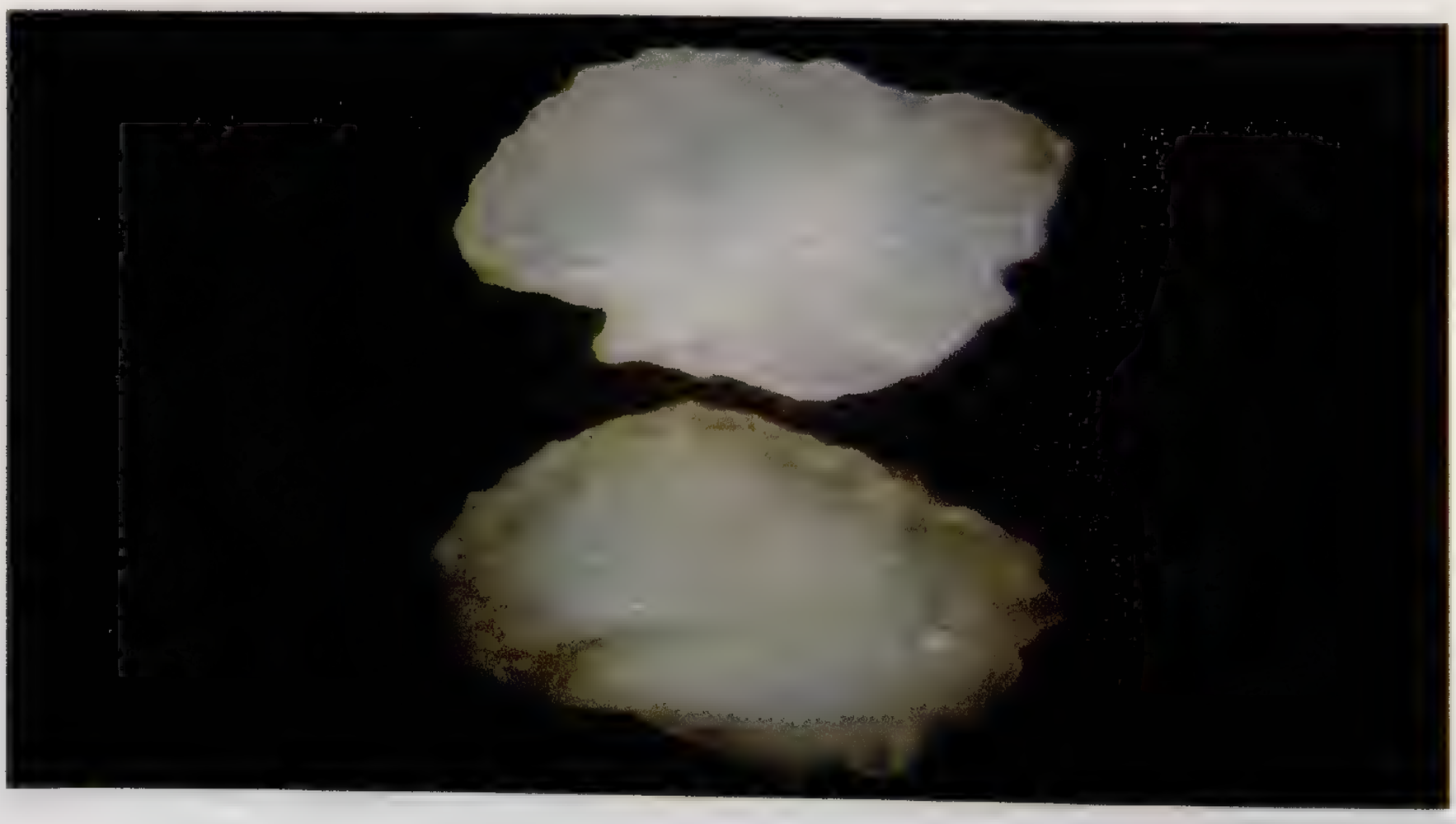
**Forma general:** ovalada. Bordes: anterior convexo, posterior convexo, dorsal convexo y ventral convexo. Rostrum y Antirostrum: no se observan. Tamaño: pequeño. Color: blanco opaco. Morfometría (mm): longitud 3,3 – 4,5, ancho 2,2 – 3,0, grosor 0,2 a 0,4.

XXXIV. Nombre científico: *Selar crumenophthalmus*
Nombre común en castellano: jurel ojón
Nombre común en Inglés: bigeye scad
Familia: Carangidae
Talla (cm): 21 a 27

**DESCRIPCIÓN MORFOLÓGICA DEL OTOLITO**

**Forma general:** ovalada. Bordes: anterior con punta roma, posterior en punta, dorsal convexo con escotadura y ventral convexo con escotadura. Rostrum y Antirostrum: poco conspicuos. Tamaño: mediano. Color: cristalino.

Morfometría: longitud 5,3 – 7,2, ancho 2,4 – 3,2, grosor 0,2 a 0,4.



XXXV. Nombre científico: *Schedophilus haedrichi*

Nombre común en castellano: cojinoba del norte, mocosa

Nombre común en Inglés: mocosa ruff

amilia: Centrolophidae

Talla (cm): 34

**DESCRIPCIÓN MORFOLÓGICA DEL OTOLITO**

**Forma general:** ovalada. Bordes: anterior en punta roma, posterior convexo lobulado, dorsal convexo lobulado y ventral convexo lobulado. Rostrum y Antirostrum: conspicuos. Tamaño: mediano. Color: blanco opaco. Morfometría: longitud 8,3, ancho 4,3, grosor 0,2.

XXXVI. Nombre científico: *Anisotremus scapularis*

Nombre común en castellano: chita, sargo

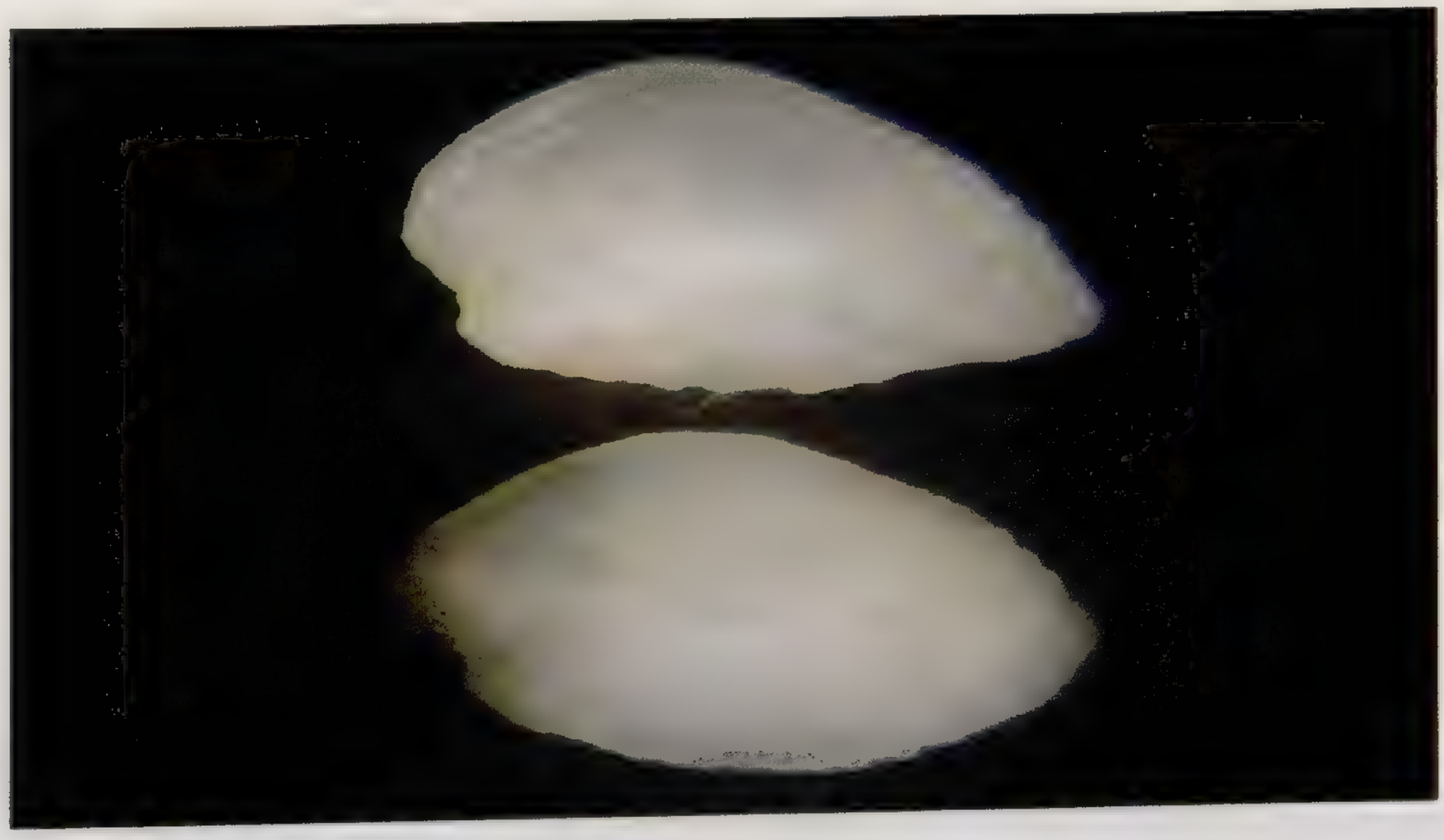
Nombre común en Inglés: peruvian grunt

Familia: Haemulidae

Talla (cm): 21

**DESCRIPCIÓN MORFOLÓGICA DEL OTOLITO**

**Forma general:** ovalada. Bordes: anterior romo, posterior en punta, dorsal convexo, ventral convexo. Rostrum y Antirostrum: poco conspicuo. Tamaño: mediano. Color: blanco opaco. Morfometría (mm): longitud 7,4, ancho 4,1, grosor 0,5.



XXXVII. Nombre científico: *Larimus pacificus*

Nombre común en castellano: bereche

Nombre común en Inglés: Pacific drum

Familia: Sciaenidae

Talla (cm): 20 a 23

**DESCRIPCIÓN MORFOLÓGICA DEL OTOLITO**

**Forma general:** ovalada. Bordes: anterior convexo con escotadura central, posterior convexo, dorsal algo convexo y ventral convexo. Rostrum y Antirostrum: no conspicuos. Tamaño: grande.Color: blanco opaco. Morfometría: longitud 10 – 11, ancho 5,0 – 5,5, grosor 3,0 a 4,7.

XXXVIII. Nombre científico: *Sphyraena ensis*

Nombre común en castellano: picuda, barracuda

Nombre común en Inglés: mexican barracuda

Familia: Sphyraenidae

Talla (cm): 35 a 42

**DESCRIPCIÓN MORFOLÓGICA DEL OTOLITO**

**Forma general:** ovalada. Bordes: anterior en punta, posterior convexo, dorsal convexo y ventral convexo. Rostrum y Antirostrum: conspicuos. Tamaño: mediano. Color: cristalino. Morfometría(mm): longitud 8 – 9, ancho 3,0 – 3,4, grosor 0,5 a 1,0. Morfometría: longitud 5,3 – 7,2, ancho 2,4 – 3,2, grosor 0,2 a 0,4.

## Discusion

La forma de los otolitos en los peces marinos es variable intra e inter específicamente lo que coincide con Dickey *et al.* (1997) y Campana (2005), la forma que predominó fue la ovalada debido probablemente a que la cámara del cráneo de los peces fue ancha, y pertenecieron mayormente a la familia Sciaenidae quienes tuvieron el mayor número de especies. Además la forma como se deposita la aragonita y la otolina en su desarrollo, está relacionada con el tamaño y grosor de los otolitos, lo cual se demuestra con la presencia de mamelones presentes en la cara externa y bordes del otolito como en el caso de *Larimus acclivis* ¨bereche¨ e inclusive de *Engraulis ringens* ¨anchoveta¨

Los otolitos presentaron diferentes formas que caracterizaron a cada especie debido a la estructura de su neurocráneo así como al patrón de crecimiento, comportamiento y su ecosistema. Aunque también se precisa que las necesidades auditivas y las diferentes tasas de crecimiento causadas por factores ambientales como temperatura del agua, profundidad, disponibilidad de minerales y alimento son también causas de la variación morfológica del otolito sagitta (Platt and Popper, 1981; Gauldie, 1988; Campana & Casselman, 1993; Aguirre, 2001; AFORO).

Las funciones que cumplen los otolitos son las de equilibrio, audición y orientación como indican Hernández *et al.* (2004) y Lombarte *et al.*(2006) estando relacionadas también al ambiente donde habitan, de ahí que la forma, tamaño y grosor son característicos para aquellos peces pelágicos y bentónicos coincidiendo con lo encontrado por Wilson (1985) y Aguirre & Lombarte (1999).

El encontrar otolitos delgados y pequeños en peces pelágicos y veloces como *Sarda chilensis* chilensis ¨bonito¨ u otolitos grandes y gruesos en especies bentónicas como *Paralonchurus peruanus* ¨suco¨, probablemente se deba a la influencia de su comportamiento en el ambiente, ya que los primeros necesitan del oído que les permita escuchar a sus presas, orientarlos y mantener su equilibrio en su veloz desplazamiento y los segundos por estar mas relacionados con el fondo donde encuentran su alimento, desarrollan apéndices que les ayuda a mejorar las funciones inherentes de los otolitos.

## Conclusiones

El catálogo morfológico de otolitos de peces marinos comerciales de Trujillo fue elaborado para 38 especies, con predominancia de la forma ovalada y presentaron variación intra e interespecifica.

## Literatura Citada

**AFORO.** (on line) Why study otoliths? [access 15/3/2009]. Shape Analysis of Fish Otoliths. AFORO. In: http: www.cnima.csic.es/aforo/oto-whyJsp.

**Aguirre, W.** 2001. (on line) Fish otoliths, hearing and growth. Department of Ecology & Evolution. Life Sciences Building. Stony Brook, NY. Format PDF. [access 20/3/2009]. In http://life.bio.sunysb.edu//ee/seatmat/research/html.

**Aguirre, H. & A. Lombarte.** 1999. Ecomorphological comparisions of sagittae in *Mulus barbatus* and *M. surmuletses*. Journal of Fish Biology. 55: 105-114.

**Bergamino, L. M.; A. Ferreira, Acuña & F. Viana.** 2005. Catálogo de otolitos como herramienta para el estudio del contenido estomacal de peces ictiófagos. Resumen.Sección de Oceanología Facultad de Ciencias. Universidad de la República de Iguá, Montevideo, Uruguay.

**Campana, S.** 2004. (on line). Photographic Atlas of fish otoliths of the Northwest Atlantic Ocean. Abstract. [access 20/3/2009]. National Research Council Canada. In : http: www.nrc.gc.ca.

**Campana S**. 2005. (on line). Otolith science entering the 21 st. Century. Mar Freshwater Res. 56:485-495. [access 27/3/2009]. In PDF format.

**Campana, S. & J. Casselman.** 1993. Stock discrimination using otolith shape analysis.

**Can. J. Fish.** Aquat.Sci. *In* PDF. Format. 50: 1062-1083.

**Correã, M. & M. Vianina.** 1992/93. Catálogo de otolitos Sciaenidae (Osteichthyes - Perciformes) do litoral do Estado Paraná, Brasilia. Nerítica. 7(1-2):13-41.

**Chirichigno, N.** 1974. Clave para identificar los peces marinos del Perú. Inf. N° 44. Inst. Mar del Perú, Callao. 393 pp.

**Chirichigno, N. & J. Vélez.** 1998. Clave para Identificar los peces marinos del Perú. P. Aguilar (ed.). 2da. ed. revisada y actualizada. Publicación Especial. Instituto del Mar del Perú. 496 pp.

**Chumán de Flores, E.** 1969. Variación estacional de la naturaleza del borde de los otolitos de anchoveta en las zonas de Chimbote e Ilo. Serie de Informes Especiales. N° IM-52. Instituto del Mar del Perú, Callao. p.: 1-8.

**Degens, E.; W. Deuser & R. Haedrich.** 1969. Molecular structure and composition of fish otoliths. Marine Biology 2: 105-113.

**Dickey, C; J. Isely & J. Tomasso.** 1997. Slow growth did not dicouple the otolih size fish size relationship in stripbass. Transactions of the American Fisheries Society.126: 1027-1029.

**Gauldie, R.** 1988. Function formand time-keeping properties of fish otoliths. Comparative Biochemestry and Physiology. 91(2):395-402.

**Hernández, M.; J. Martínez; T. Bautista & J. Resendiz.** 2004. Descripción morfológica de los otolitos de la familia Engraulidae, Haemulidae y Achridae del sistema estuarino de Tecolutla. Universidad Autónoma de México. Veracruz, México. Rev. Zool. 15:7-13.

**Hildebrand, S.** 1946. A descriptive catalog of shore fishes of Perú. Smithsonian Institution. United States National Museum, Washington, USA. 530 pp.

**Hildebrand, M.** 1974. Analysis of vertébrate structure. John Willey and sons, New York. p.:397-404.

**Lombarte, A.; O. Chie; V. Parisi; R. Olivella; J. Piere & E. Garcia.** 2006. A web based enviroment for shape analysis of fish otoliths. The Aforo database. Scientia Marina 70 (1): 147-152.

**Morales, B.** 1992. Determinacion del crecimiento de peces óseos en base a la microestructura de los otolitos. FAO-fish Tech.pap 32:1-58.

**Pareja, W.** 1971. Determinacuion de la edad y crecimiento del Bonito *Sarda chilensis* (C.V.) 1631. Tesis para optar el grado de Bachiller en Ciencias Biologicas. Universidad Nacional de Trujillo.

**Platt, C. & A. Popper.** 1981.Fine structure and function of the ear. Spring- Verleg. New York. p. 1-36.

**Popper, A.; J. Ramcharitar & S. Campana.** 2005. Why otoliths? Insights from inner ear physiology and fisheries biology. Mar Freshwater Res. 56:497-504. In: PDF format.

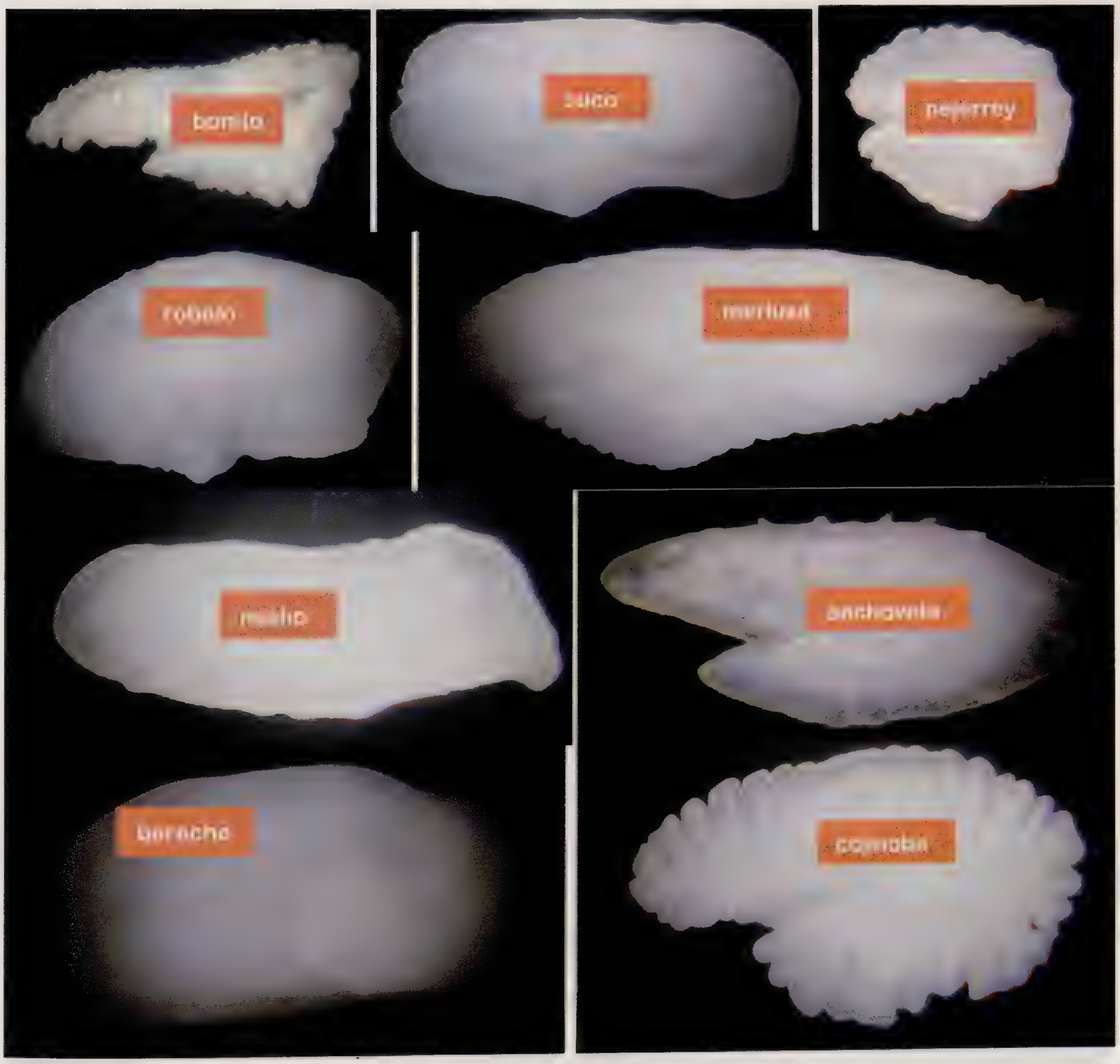
**Tambari, A., A. Volpedo & D. Echevarría.** 2005. Desarrollo de la sagitta en juveniles y adultos de *Odontesthes argentiniensis* (Valencennis, 1835) y O. *bonaerensis* (*Valencennis, 1835*) (Teleosti: Atheriniformes de la provincia de Buenos Aires, Argentina. Rev. Chilena de historia Natural 78: 623-633.

**Vaz dos Santos, A. & C. Rossi-Wongtschowski.** 2007. Age and growth of the Argentine hake *Merluccius hubbsi* (Marin 1933) in the Brazilian South – Southest Region during 1996-2001. Sociedade Brasileira de Ictiología. Neotropical Ichthyology 5(3): 375-386.

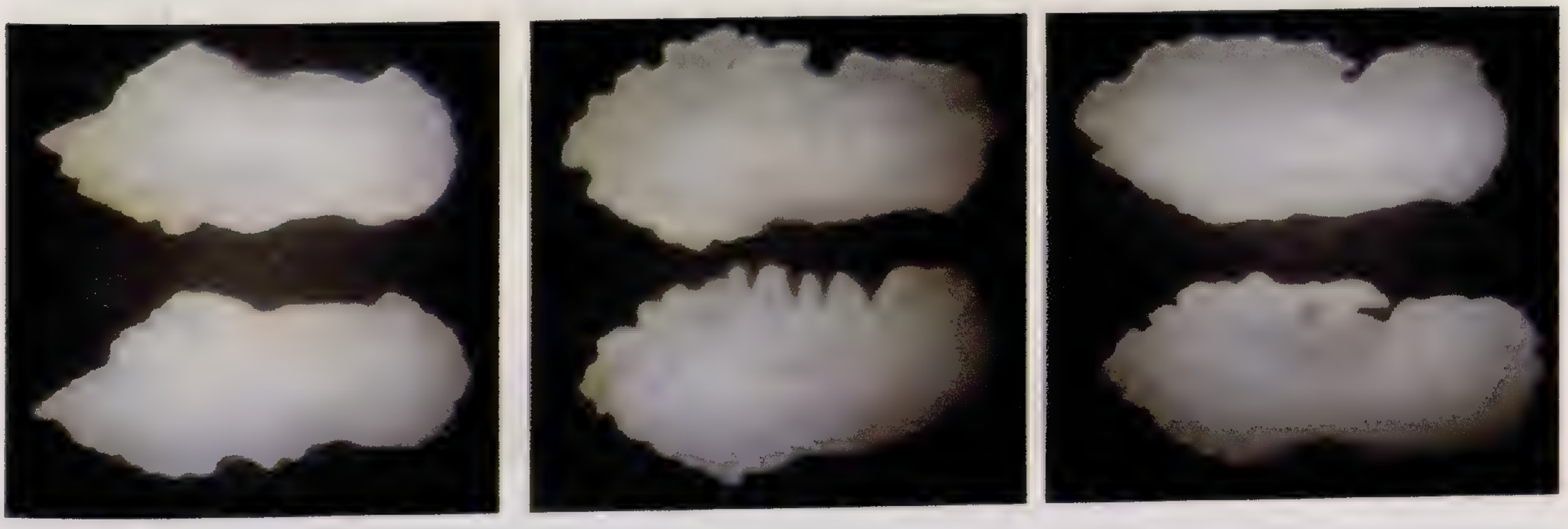
**Wilson, R.** 1985. Depth related changes in sagita morphology in six macrourid fishes of the Pacific and Atlantic oceans. Copeia. (4):1011-1017.

**Anexo1**.

Variacion morfologica interespecifica en los otolitos




Variacion Morfológica Intraespecifica en Otolitosde *Mugil cephalus* "Lisa"



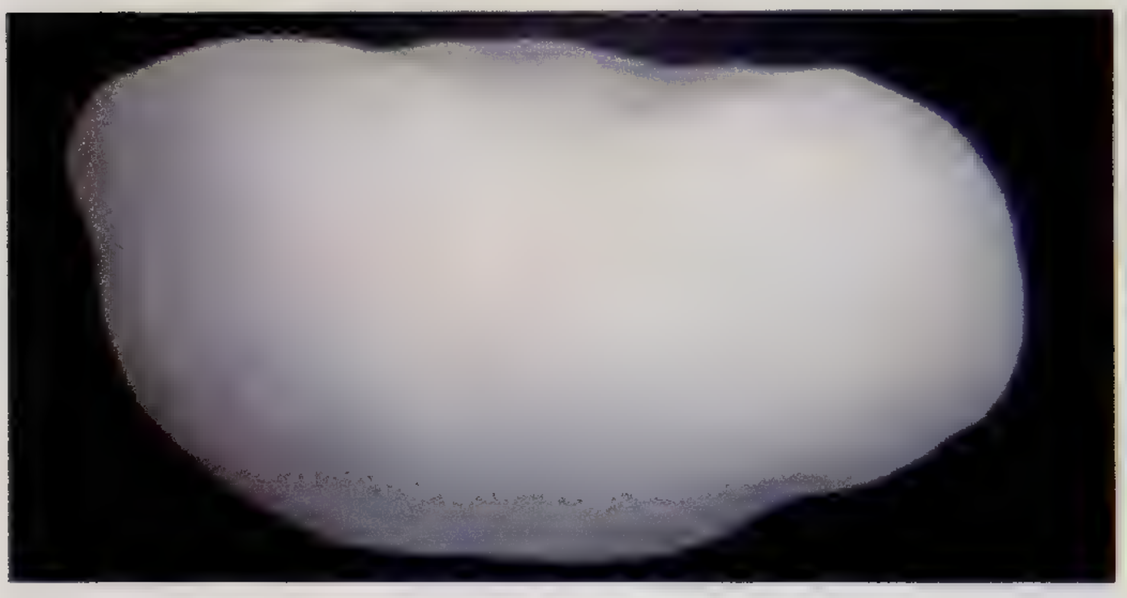
**Anexo 2.** Otolitos sagitta de peces marinos por familia

## FAMILIA SCIAENIDAE

*Paralonchurus peruanus*

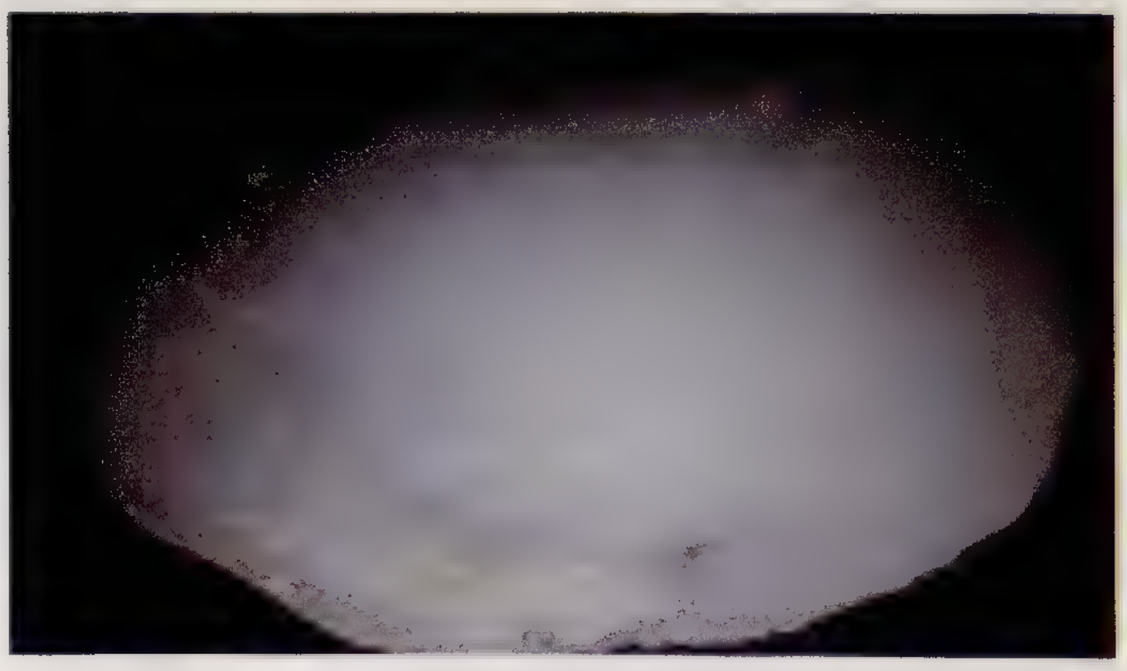
*Cynoscion analis*

*Larimus acclivis*

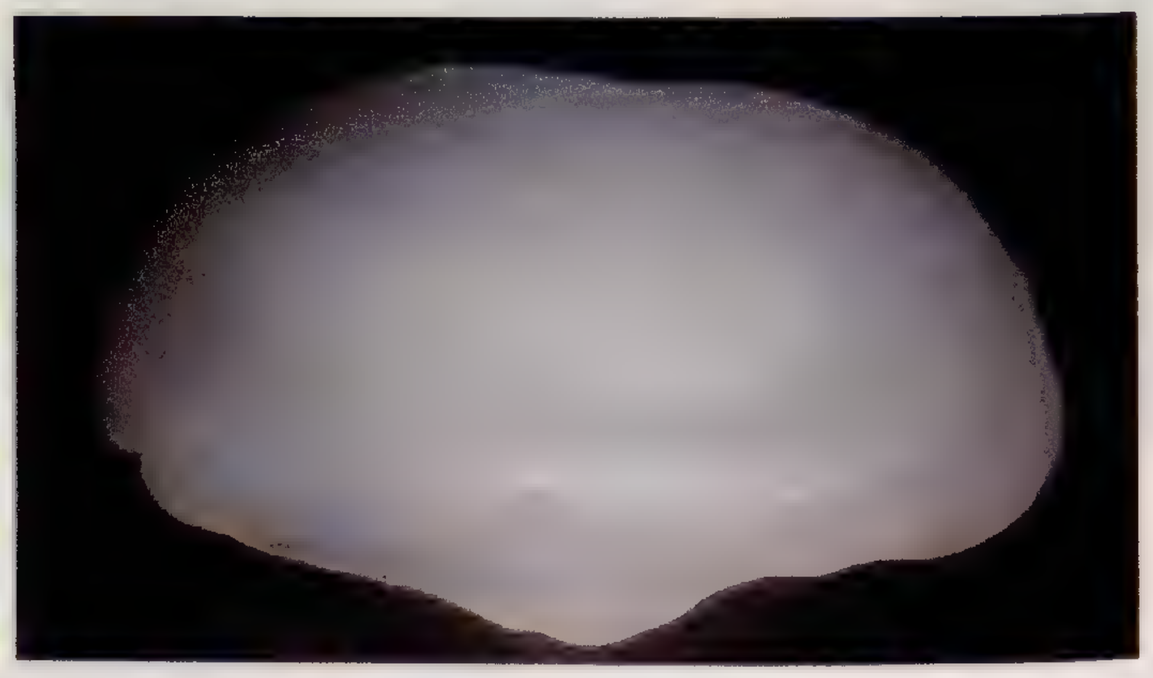


*Larimus pacificus*

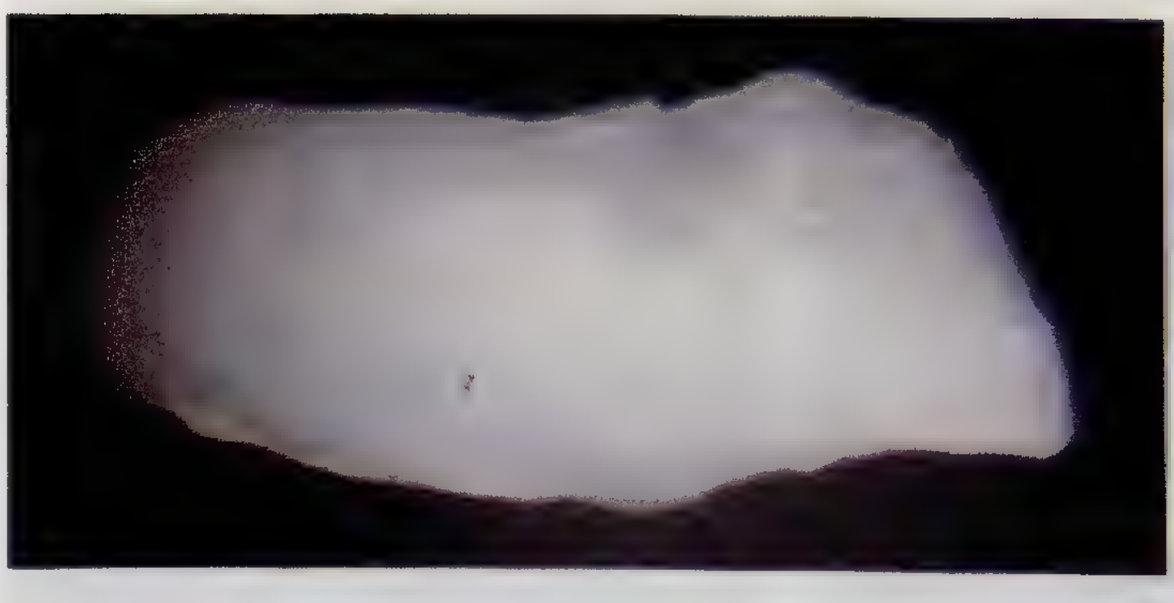
*Sciaena fasciata*



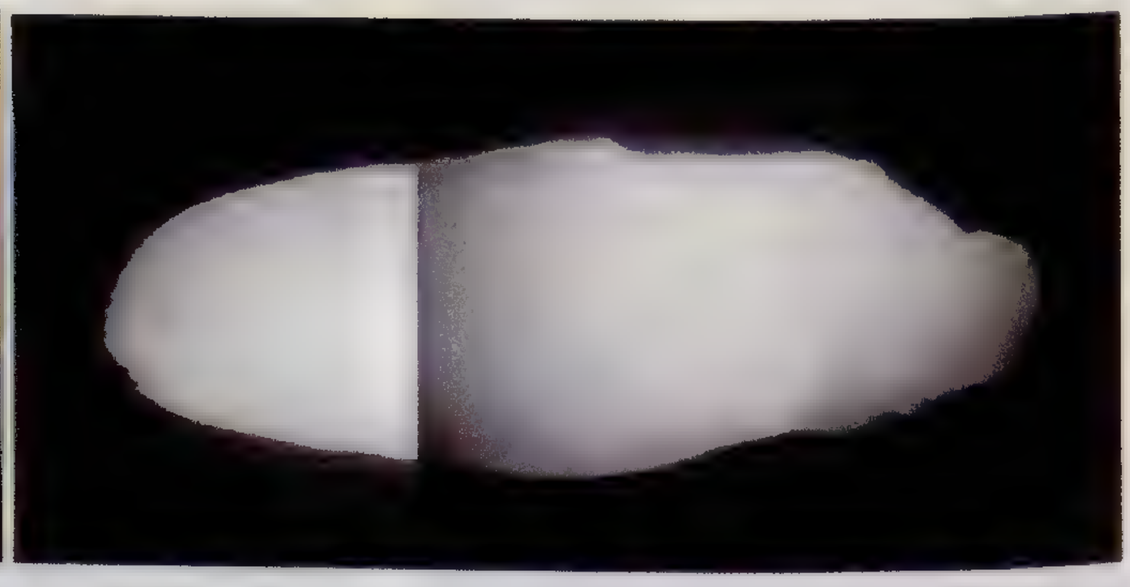
*Sciaena deliciosa*



*Menticirrhus ophicephalus*

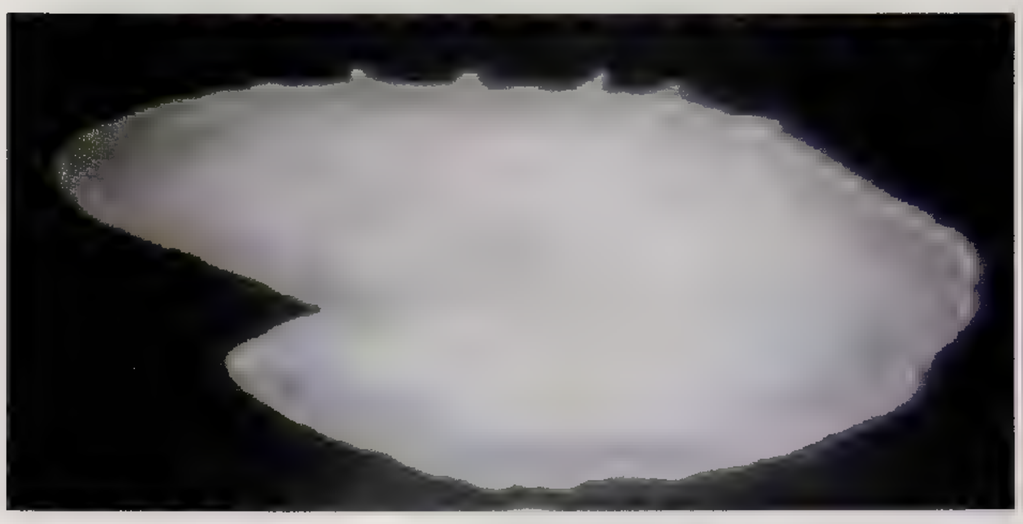


*Cilus gilberti*



**FAMILIA ENGRAULIDAE**

*Engraulis ringes*

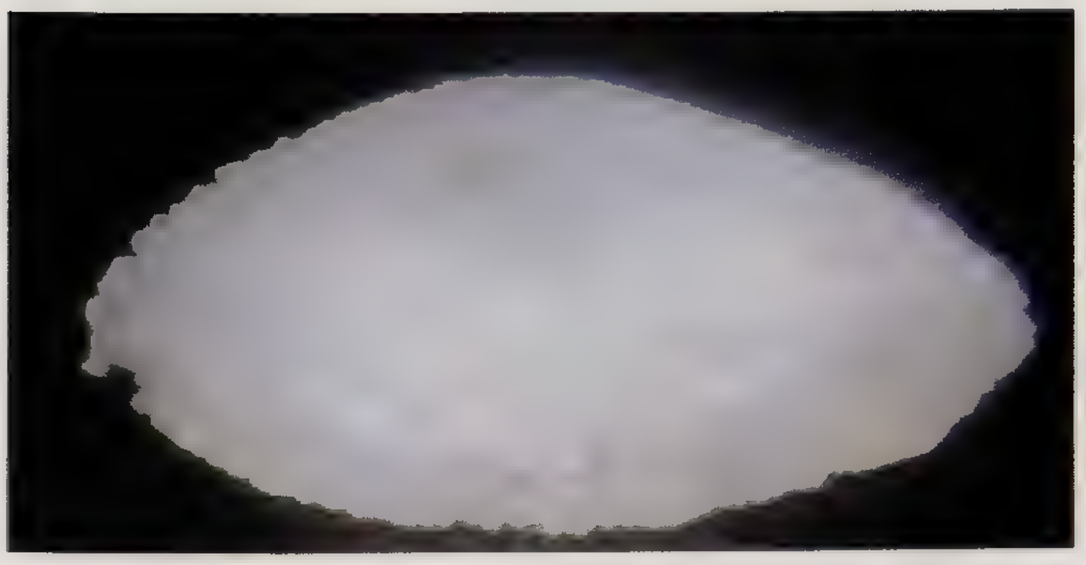


**FAMILIA MERLUCCIIDAE**

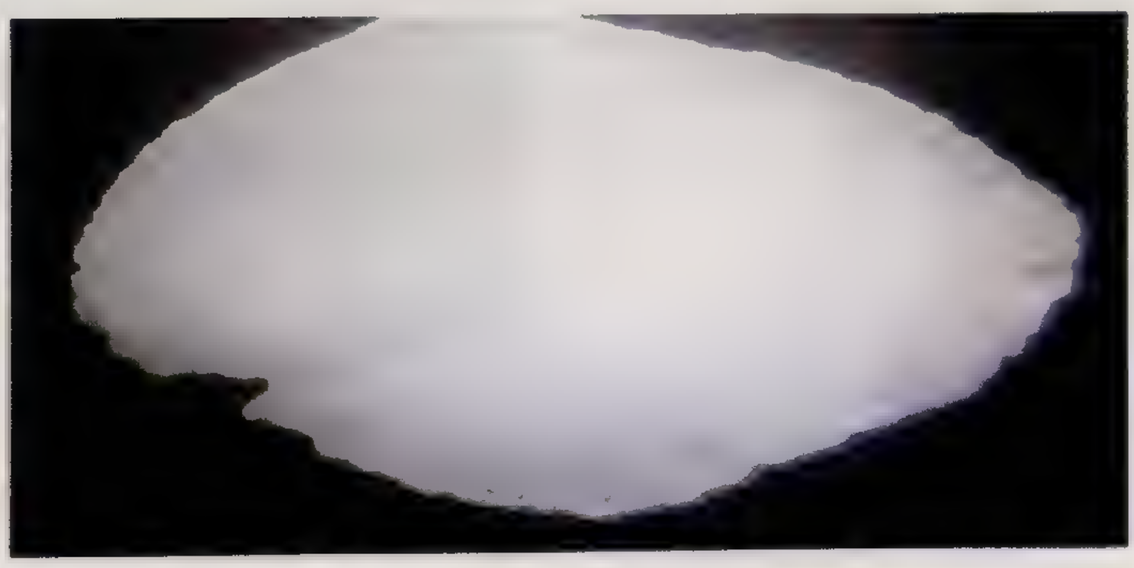
*Merluccius gayi peruanus*

**FAMILIA HAEMULIDAE**

*Anisotremus interruptus*



*Anisotremus taeniatus*

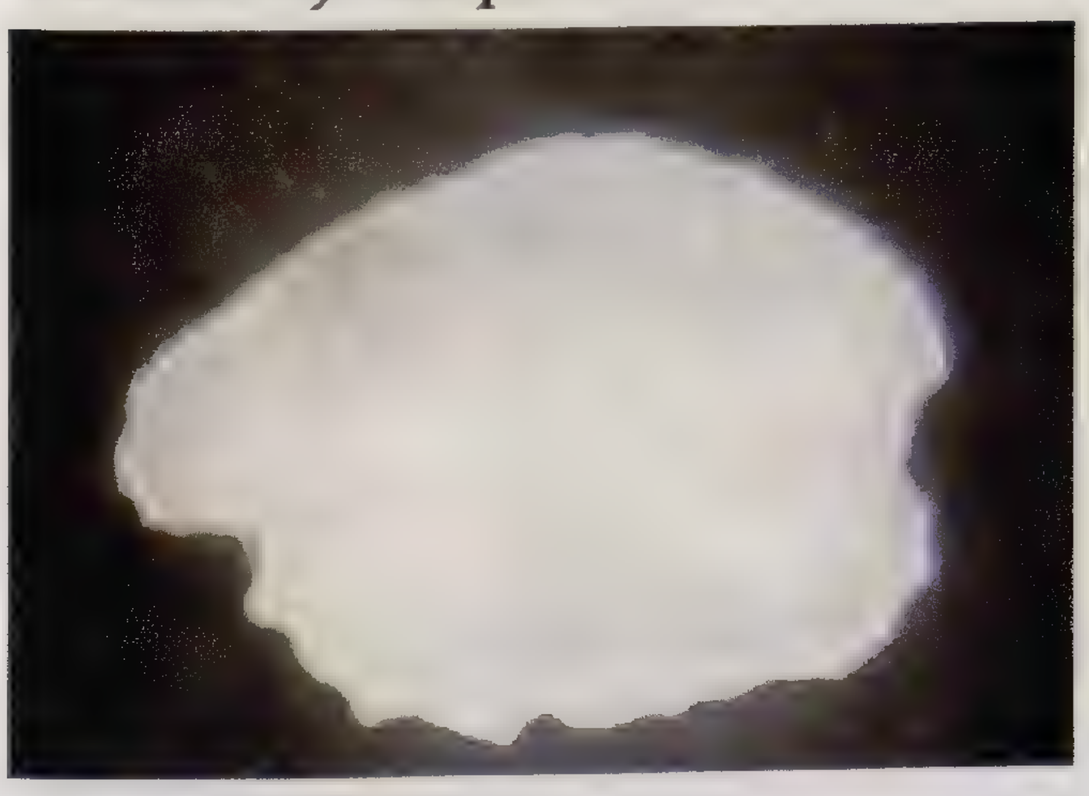


*Anisotremus caesius*

*Anisotremus scapularis*

**FAMILIA BOTHIDAE**

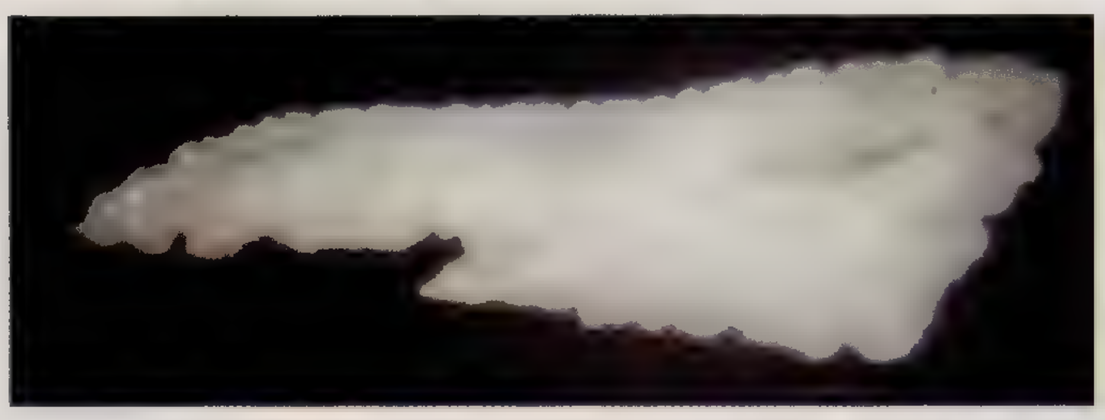
*Paralichthys adspersus*



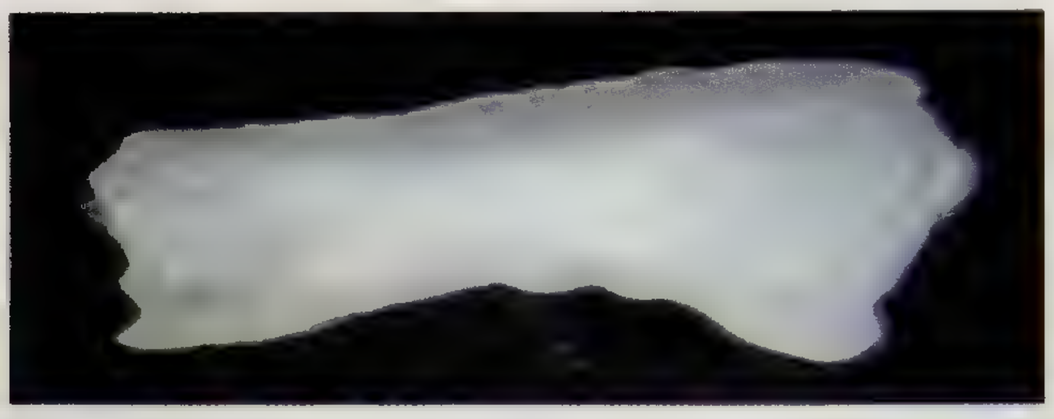
*Etropus peruvianos*

## FAMILIA SCOMBRIDAE

*Sarda chilensis chilenses*



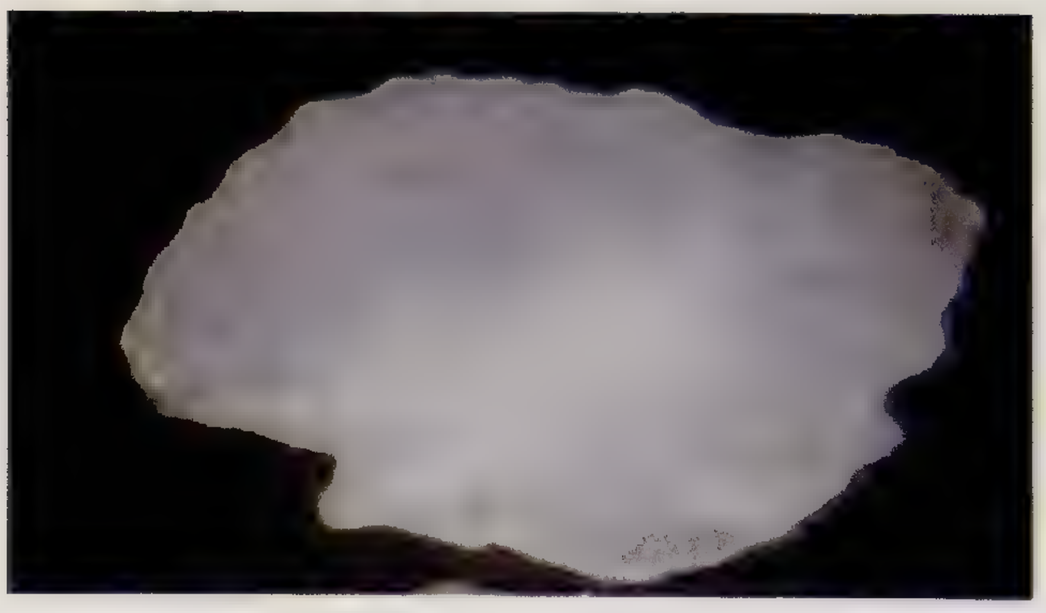
*Scomber japonicus*



*Scomberomorus sierra*

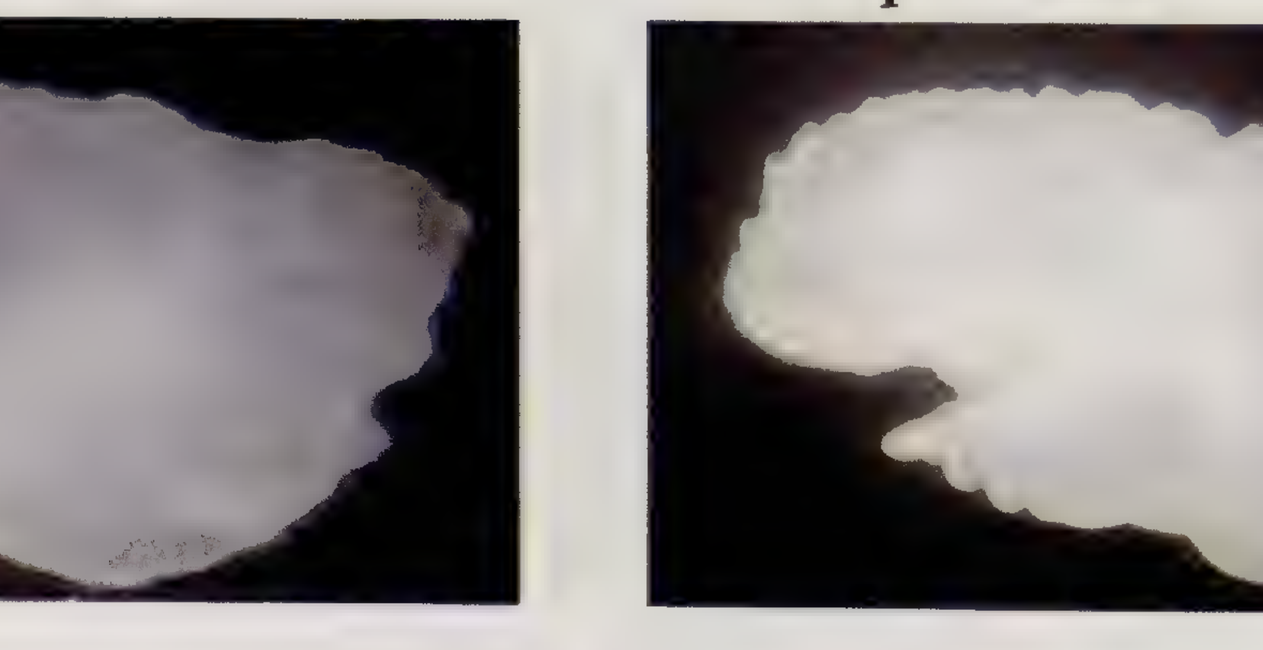
## FAMILIA CARANGIDAE

*Selar crumenophthalmus*



*Selene peruviana*

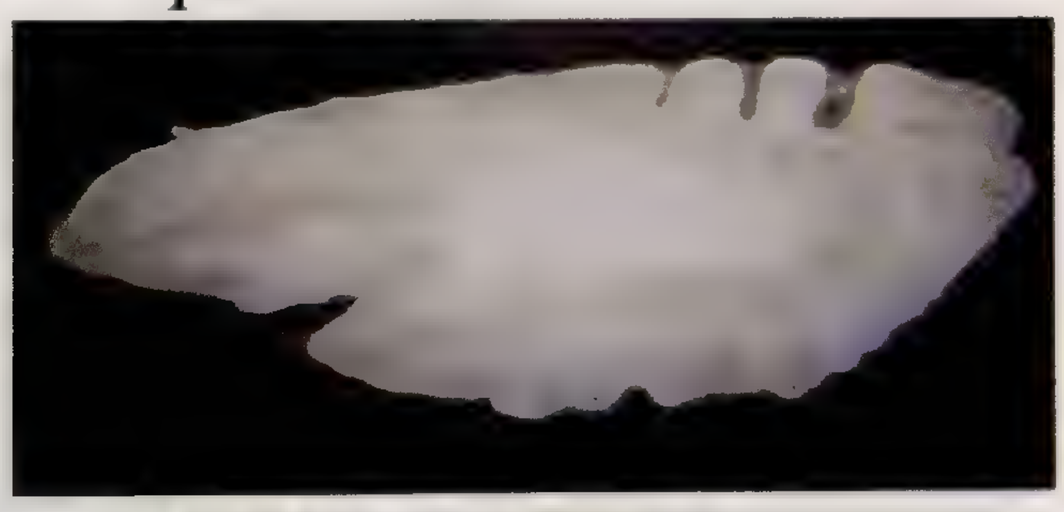
*Trachurus picturatus murphyi*



## FAMILIA STROMATEIDAE

*Stromateus stellatus*

*Peprilus medius*



## FAMILIA CENTROLOPHIDAE

*Schedophylus haedrichi*

## FAMILIA CUPLEIDAE

*Ethmidium maculatum*

## FAMILIA ATHERINIDAE

*Odontesthes regia regia*

## FAMILIA CHEILODACTYLIDAE

*Cheilodactylus variegatus*

## FAMILIA MUGILIDAE

*Mugil cephalus*

## FAMILIA BELONIDAE

*Strongilura exilis*

**FAMILIA SERRANIDAE**

*Paralabrax humeralis*

**FAMILIA OPHIDIIDAE**

*Genypterus maculatus*

**FAMILIA LABRISOMIDAE**

*Labrisomus philippi*

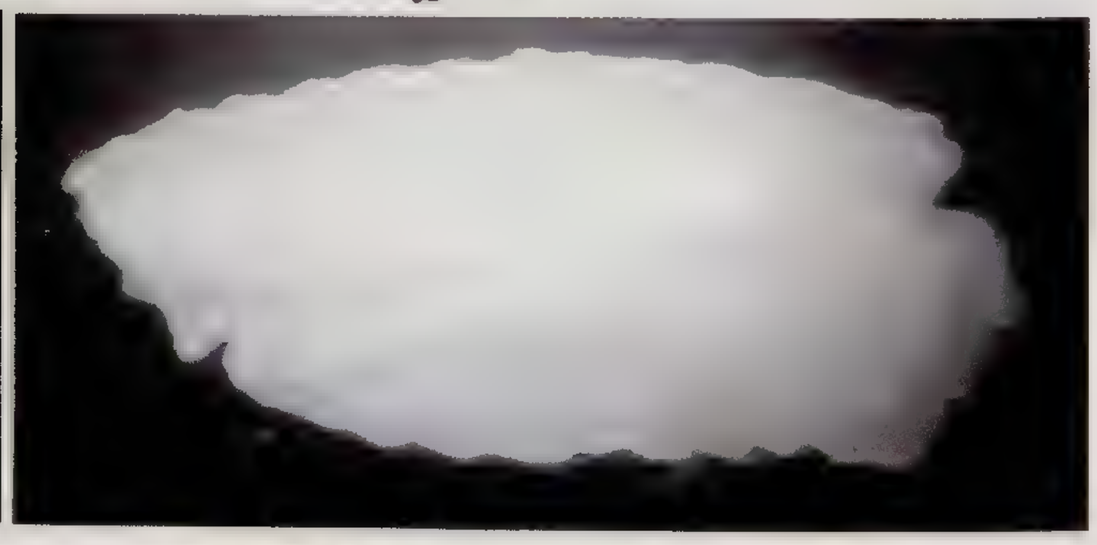
**FAMILIA LUTJANIDAE**

*Lutjanus argentiventrus*

*Hemanthias peruanus*

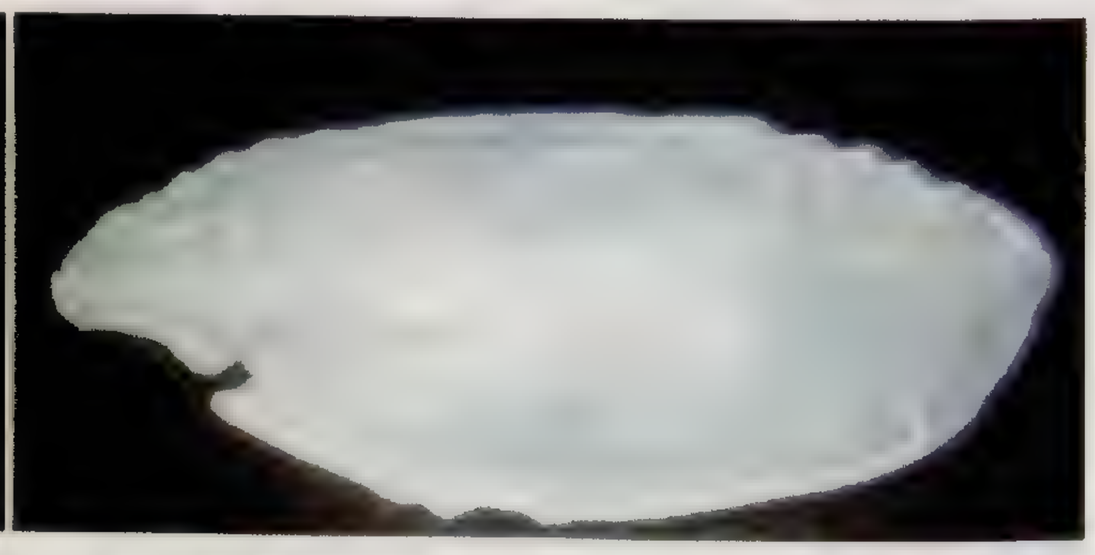
**FAMILIA MALACANTHIDAE**

*Caulolatilis affinis*



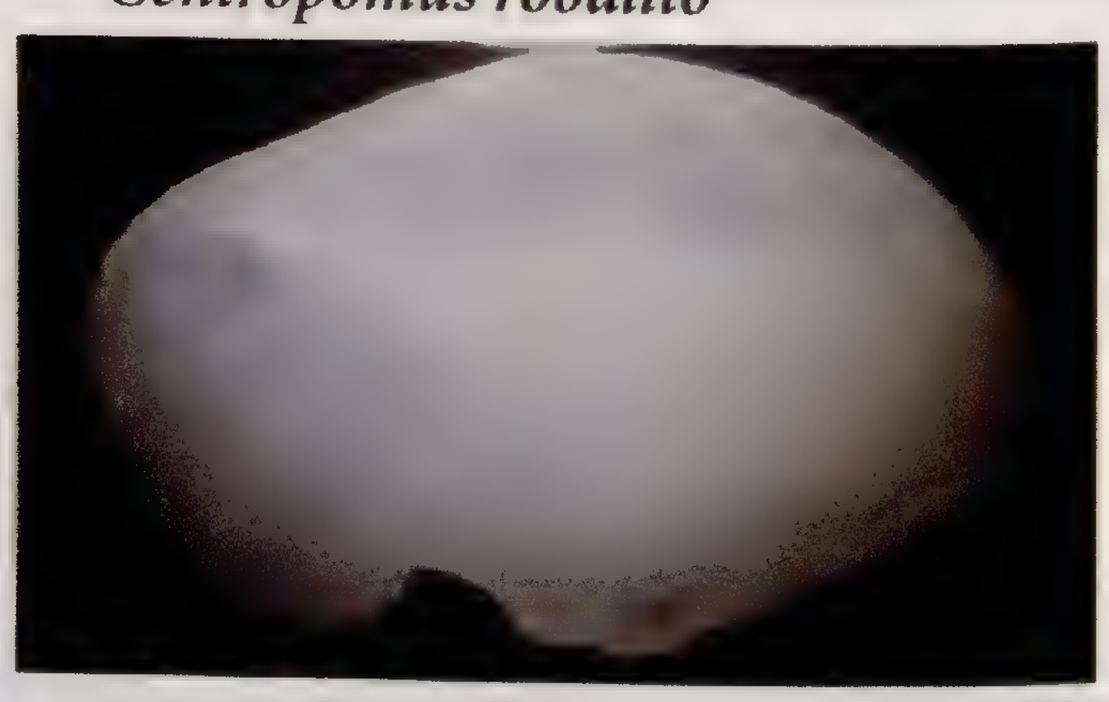
**FAMILIA SPHYRAENIDAE**

*Sphyraena ensis*



**FAMILIA CENTROPOMIDAE**

*Centropomus robalito*



*Arnaldoa* 19(1): 105 - 124, 2012 ISSN: 1815 - 8242

# El comportamiento de las abejas *Apis mellifera*

## The behavior of bees *Apis mellifera*

***Roberto Rodríguez Rodríguez***
Facultad de Ciencias Biológicas – Universidad Nacional de Trujillo – PERÚ. *rrodriguezr@unitru.edu.pe*

### Resumen

Se presenta una revisión bibliográfica sobre el comportamiento de las abejas *Apis mellifera*, diversos investigadores coinciden, que la composición genética y su entorno ambiental están muy relacionadas en las respuestas de estos insectos. Se demuestra que su habilidad de aprendizaje les permite realizar casi todos los tipos de aprendizajes clásicos. Existen genes específicos que controlan el comportamiento de limpieza, dependiendo de su expresión en homocigosis (u/u: r/r) para ser consideradas las colonias como higiénicas, condición que a la vez establece linajes de resistencia a enfermedades y parásitos. La variación fenotípica en el comportamiento de colecta de polen y néctar es influenciado por unos pocos y grandes loci con posibles modificadores, mostrando preferencias bimodales para la colecta de polen. Está claramente demostrada la dominancia de genes de abejas africanas sobre genes de abejas italianas en el control de la actividad de vuelo y por lo tanto las abejas africanas son más activas que las italianas. El término agresividad, es mejor denominarlo como comportamiento defensivo, se ha demostrado que existen genes dominantes para la defensividad en abejas africanizadas. La culminación defensiva implica un ataque con persecución, mordedura y picadura, pero también hay otras manifestaciones de defensividad. Una región genómica de 81 Kb denominada QTL Sting 2 ha sido secuenciada, la cual estaría vinculada con el comportamiento defensivo y se ha confirmado la expresión de 13 genes potenciales que carecieron de similaridad de proteínas conocidas de invertebrados o vertebrados o transcritos; por lo que es muy posible que esto esté relacionado a su condición haplo- diploide e indicaría la naturaleza única de la abeja de la miel.

**Palabras clave:** Comportamiento, abejas, *Apis mellifera*

### Abstract

A bibliographical revision about the behaviour of *Apis mellifera* is presented, various researchers coincide that the genetic composition and its environmental surroundings are closely related to the answers of these insects. It is proven that their learning ability allows them to carry out all types of classical learnings. There exist specific genes that control the behavior of cleaning, depending on their expression in homocigosis (u/u: r/r) to consider the colonies as hygienic, condition which at the same time stablishes lineages of resistance to illnesses and parasites. The phenotypic variation in the collect behavior of pollen and nectar is influenced by a few and big loci with possible modifiers, showing bidomal preferences for pollen collect. The dominance of genes of african bees on the genes of italian bees in the control of the flying activity is clearly proven, and the african bees are, therefore, more active than the Italian ones. The term aggressivity is better to be regarded as defensive behavior, it has been proven that there exist dominant genes for defensivity in affricanized bees. The defensive culmination implies an attack with persecution, stinging, and biting but there are also other defensive manifestations. A genomic region of 81 Kb known as QTL Sting 2 has been sequenced, which would be linked to the defensive behavior, and the expression of 13 potential genes that lacked similarity of proteins known as invertebrates or vertebrate or transcripts has been confirmed, so it is highly probable that this could be related to their haplo-diploid condition and would indicate the unique nature of the bee *Apis mellifera*.

**Key words:** Behavior, bee, *Apis mellifera*.

### Introducción

Puede decirse que la naturaleza general del comportamiento de abejas (fenotipo) es el producto de la interacción entre su composición genética (genotipo) y factores ambientales. En muchos casos es difícil decidir cuál de estos dos componentes es más importante. Muchos científicos creen que todos los insectos se comportan como si ellos fueran pequeños robots programados, y en el caso de la abeja de la miel muchas evidencias apoyan este punto de vista. Sin

embargo, el comportamiento de la abeja de la miel es influenciado por varios factores internos y externos (Gonçalves & Stort, 1978).

En la abeja, muchas actividades son limitadas por el estado de desarrollo, por ejemplo, el comportamiento de construcción del panal solo puede comenzar cuando la abeja es capaz de secretar cera (el cual ocurre a los 12-18 días de vida) y bajo óptimas condiciones medioambientales (temperatura de 33°C-36°C). Otra causa interna del comportamiento es la presencia de ciertas hormonas en los vasos sanguíneos. Las células sensoriales son también responsables para diferentes patrones de comportamiento. Ninguna de estas causas de comportamiento interno es más importante que la composición genética de la abeja. Sin embargo, muchos patrones de comportamiento son causados primariamente por estímulos externos tales como temperatura, humedad, humo, sonido, sustancias químicas, luz, molestias, entre otros, los que son detectados por una red de células sensoriales muy especializadas. Por ejemplo, la crianza de reina es uno de los ejemplos más notorios de influencia medioambiental sobre el desarrollo del fenotipo. En una colonia de abejas, todas de las larvas de huevos diploides se alimentan de jalea real a los tres días de vida, desarrollándose como nuevas obreras (una excepción es la rara producción de zánganos diploides) (Woyke, 1963).

El fenotipo de la reina es completamente diferente de las obreras, principalmente por la presencia de glándulas productoras de feromonas en la primera. Así, los mismos genotipos pueden originar organismos completamente diferentes como el resultado de la influencia ambiental. Es muy importante mencionar que las abejas reaccionan o responden muy rápidamente a estímulos externos. Además del hecho que el sistema nervioso de las abejas es muy simple, las fibras nerviosas de las células sensoriales del cerebro a los músculos son muy cortas, el cual habilita a las abejas a llevar a cabo actividades tan rápidamente (a una escala de tiempo de milisegundos) que ellas no pueden ser observadas con precisión por el hombre. Algunas respuestas son causadas por factores internos o externos: por ejemplo, la reacción en cadena observada en la agresividad en picaduras de abejas debería ser considerado comportamiento defensivo en lugar de una forma de agresión. Las abejas reaccionan en un patrón definido de comportamiento a estímulo específico (Gonçalves & Stort, 1978).

El mejoramiento de la abeja de la miel fue a través de varios pasos, que sólo fue posible después el desarrollo de las técnicas de inseminación artificial. Abejas con rasgos deseables, tales como: habilidad de aprendizaje, resistencia a enfermedades, habilidad a polinizar plantas específicas, conducta no agresiva, habilidad a resistir el frío, entre otras. Se hizo disponible a través de selecciones en laboratorio.

**Habilidad de Aprendizaje en Abejas.**

La habilidad de aprendizaje en abejas ha sido descrita a través de diferentes métodos de experimentales. Según Kerr *et al.* (1975), J. H. Fabre fue el primer investigador en reconocer que las abejas son capaces de aprender.

Reinhardt (1952), estudió algunas respuestas de la abeja de la miel a las flores de la alfalfa y, en su trabajo pionero, atribuyó aprendizaje al esquivamiento por parte de las abejas al mecanismo de disparo de estas flores. Weaver (1956, 1957), trabajando con "arveja pilosa", encontró que abejas que nunca han pecoreado sobre las flores aprendieron a colectar polen y néctar. Las abejas aprendieron insertar sus lenguas entre los pétalos de la flor y la quilla en la base del tubo de la corola.

Es importante mencionar que la habilidad de aprendizaje de las abejas está relacionada a su comunicación, tan pronto como ellos aprenden la localización de una nueva fuente de néctar, ellos comunican esa información a otras abejas.

Spitzner en 1758, fue el primero en llamar la atención sobre la comunicación de la abeja de la miel, señalando que podría existir una relación entre la danza de abejas y la colección de polen y néctar. Fue solo en 1920 que este tipo de comunicación fue demostrado experimentalmente por Karl. von Frisch. Para la orientación del vuelo, las abejas usan marcas así como la posición del sol y luz polarizada (von Frisch & Lindauer, 1954).

Según von Frisch (1967), las abejas eran capaces de distinguir colores, reconocer las características

de un campo, y percibir el sol cuando el cielo está completamente cubierto con nubes. Está última habilidad es debido a la gran sensibilidad de los ojos de la abeja a la luz ultravioleta, el cual pasa a través de las nubes. Lindauer (1960), demostró que las abejas de la miel compensan el movimiento del sol no por un proceso innato sino aprendiendo.

Uno de las más grandes contribuciones al estudio de la habilidad de aprendizaje en abejas fue hecha por Pessotti (1963a, b; 1964; 1967a, b; 1972) en su experimento con melipónidos y *Apis mellifera*. Él también desarrolló un aparato para estudios discriminatorios en el cual las abejas tenían que tirar una palanca para conseguir la comida. El aparato de Pessotti podría ser usado con o sin una pequeña cantidad luz y con una carpeta amarilla o azul como fondo.

Pessotti (1967a), llevó a cabo un experimento para la clasificación de abejas usando una prueba de aprendizaje discriminatorio. Como un criterio en este estudio, tres grupos de abejas representando tres tipos diferentes (A. m. ligustica, A. m. sicula y Melipona seminigra) fueron usados. Los resultados indicaron que hubo un grado definido de correspondencia entre su clasificación basada sobre un criterio de comportamiento (discriminación) y la clasificación propuesta por una combinación de varios criterios biológicos. De acuerdo a Pessotti, tal equivalente, se confirmó en otras especies, podría significar que abejas más desarrolladas biológicamente son capaces aprender una respuesta discriminatoria más fácilmente que abejas menos desarrolladas.

Kerr *et al.* (1975), estudiaron el componente genético de la habilidad de aprendizaje en *A. mellifera* y concluyó que aprender es muy importante para las abejas, porque cualquier deterioro de esta habilidad afecta la sobrevivencia de la colonia. Casi todos los tipos de aprendizaje clásico son encontrados en las abejas.

**Comportamiento Higiénico de la Abeja de la Miel.**

Rothenbuhler (1964a, 1967), estudió el comportamiento de limpieza de la colonia en abeja de la miel, el cual puede ser considerado uno de los mejores ejemplos de comportamiento controlado genéticamente. Una clara diferencia en este comportamiento fue establecido entre cuatro líneas obtenidas. Dos líneas rápidamente removieron la cría atacada por la loque americana, considerando que las otras dos líneas permitieron que las víctimas permanezcan en la zona de crías indefinidamente.

Otros investigadores, como Rothenbuhler & Thompson (1956), Jones & Rothenbuhler (1964), Thompson (1964), Trump *et al.* (1967) y Momot & Rothenbuhler (1971), también estudiaron el comportamiento de limpieza de colonia en abejas de miel como un ejemplo de comportamiento genéticamente controlado. Ellos mostraron que linajes de abejas difieren en su resistencia a la enfermedad loque americana y está resistencia es relacionada con el comportamiento. Linajes resistentes fueron encontrados removiendo larvas muertas rápidamente de los panales mientras que los linajes susceptibles no. Este comportamiento fue explicado por Rothenbuhler (1964b), quien considera que es controlado por dos genes idénticos al modelo de dos locus. Así, genes específicos controlan el comportamiento de limpieza de colonia de abejas obreras que remueven la permanencia de cría muertas de la celda de cría, gen u (destape) y gen r (remover). Obreras contienen los genes u en homocigosis (u/u: +/+) destapa las celdas pero no remueve la cría muerta. Obreras conteniendo los genes r en homocigosis (+/+: r/r) remueven larvas muertas o pupas de celdas destapadas, pero no de celdas tapadas. Obreras con ambos genes (u/u: r/r) llevan a cabo ambas actividades. Las colonias cuyas obreras tienen ambos genes fueron llamadas higiénicas, y colonias cuyos obreras no tienen ambos genes fueron llamados no higiénicas. Otros dos tipos de comportamiento, ambos causados por los dos mismos genes, son posibles: obreras que solo destapan (u/u: +/+) y obreras que solo remueven (+/+: r/r). Desde que ambos genes u y r son recesivos, colonias cuyas abejas tienen ambos genes en heterocigosis son llamados no higiénicas (+/u: +/r). La actividad de limpieza de la colonia de abejas es efectiva solo cuando ambos genes u y r están presentes en homocigosis en un gran número de obreras. Rothenbuhler (1964a) fue capaz de mostrar que las colonias con ambos genes tienen solo un grado de resistencia a loque americana. Cosenza & Silva (1972) evaluaron

el comportamiento higiénico de colonias F1 de abejas africanizadas y caucásicas usando pequeños pedazos de panales (10x10 cm) a los que aplicó baja temperaturas y congeló por 48 horas. Esta es una modificación ligera de la técnica de Rothenbuhler (1964a). Estos resultados mostraron que abejas africanizadas son más higiénicas que las caucásicas y los valores de la distancia generalizada de Mahalanobis (D2) indicaron que la F1 híbrida fue cercana a las abejas africanizadas. Después del linaje resistente a la loque americana de Rothenbuhler (1967), varios linajes resistentes a parásitos y enfermedades se han puesto disponible, tal como linajes resistentes a "La polilla mayor de la cera" *Galleria mellonella*, al ácaro *Acarapis* woodi, a la loque europea entre otras (Rothenbuhler *et al*., 1968). Desde 1969, un grupo de investigadores encabezados por W. C. Rothenbuhler en la Universidad Estatal de Ohio ha estado estudiando otra seria enfermedad de abejas que causa comportamiento anormal y muerte de abejas adultas. Hay evidencia que un virus o un patógeno parecido a virus están involucrado en esta enfermedad (Kulincevic *et al*., 1969). Los síntomas son la presencia de abejas negras sin pilosidad, la ocurrencia de masticar vigoroso e incluso ataques de picaduras por abejas sobre ciertas abejas de colonias mansas, y alta mortalidad de abejas adultas. Más recientemente, Kulincevic & Rothenbuhler (1975) desarrollaron un experimento de dos maneras de selección para resistencia y susceptibilidad al síndrome de abejas negras y sin pilosidad y obtuvo cuatro generaciones en cada línea. Después de la primera generación, las dos líneas divergentes incrementaron, y en cada generación ellos difirieron estadísticamente en un nivel de 1% de probabilidad. La efectividad de estas dos líneas seleccionadas y una línea comercial como control fue evaluada por la administración de varias dosis de partículas de virus en jarabe de sacarosa por Rinderer *et al.* (1975). Ellos concluyeron que el virus aislado fue la causa de mortalidad en todos los tres stocks y la mortalidad incrementó con dosis más alta. Este experimento también proveyó evidencia positiva que las líneas desarrolladas por Kulincevic & Rothenbuhler (1975) fueron diferencialmente resistentes y que esta resistencia diferencial fue a un virus.

Waddington & Rothenbuhler (1976), describieron en detalle todos los patrones de comportamiento de abeja adulta asociado con el síndrome negro y sin pilosidad. Una de sus conclusiones fue que el patrón de comportamiento de ataque y abejas atacadas difirió de aquellas del comportamiento de limpieza y abejas limpiadoras. La conducta atacante también era diferente que de abejas guardianas atacando a las abejas pilladoras.

**1. Métodos más utilizados para evaluar el comportamiento higiénico.**

Se han propuesto varios métodos para el estudio del comportamiento higiénico en abejas melíferas, dentro de ellos los más utilizados, son el método de congelamiento de crías, descrito por Gonçalves & Kerr (1970) y el método de perforación de crías, descrito por Newton & Ostasiewski (1986). En 1994, se realizó también, un estudio comparativo entre esos dos métodos, a fin de verificar la eficacia y comodidad de ambos. Los resultados de esta investigación mostraron que ambos eran eficientes para estudios del comportamiento higiénico (Gramacho & Gonçalves, 1994). Sin embargo, a pesar de no haber encontrado diferencias estadísticamente significativas entre ellos, para La realización de trabajos de selección genética en el sentido de aumentar la frecuencia de colonias higiénicas, se propone la utilización del método de perforación de crías, en el apiario por ser un método muy simple, económico y de fácil aplicación en el campo (Gonçalves, 2002).

**2. Test del comportamiento higiénico en el campo.**

El método de perforación de crías puede ser usado por los apicultores tanto para pequeños apiarios (50 a 100 colmenas) como para apiarios mayores (más de 500 colmenas).

Primero el apicultor debe hacer el test del comportamiento higiénico en sus colmenas para saber cuáles son higiénicas o no higiénicas. El test para evaluar el comportamiento higiénico de las abejas en el campo recomendado se basa en el "Método de perforación de las celdas de crías" descrito por Newton & Ostasiewski (1986) y modificado por Gramacho & Gonçalves (1994). De cada colonia a ser evaluada se

retira un marco de crías operculadas de obreras con edad de 10 a 14 días (pupa de ojo rosado). En este marco se escogen dos áreas vecinas, si es posible, conteniendo 100 celdas operculadas (10 líneas por 10 hileras) destinando una área para perforación (área A) y la otra área para control o testigo, sin perforación (área B). Si las áreas tuvieran celdas vacías, esas deben ser contadas para ajuste en los cálculos de porcentaje. Las áreas pueden ser delimitadas con una espátula. El método consiste en la perforación de 100 celdas con crías operculadas de obreras con la ayuda de un alfiler entomológico nº 2 (alfiler o aguja de costura de tamaño pequeño). Es importante que el alfiler sea introducido en el centro del opérculo (tapa de la celda de cría) y a una profundidad que permita llegar a la cría. Después de la perforación de las 100 celdas el marco de crías debe ser devuelto a la colmena para ser evaluada, permaneciendo por 24 horas para que las obreras higiénicas realicen la desoperculación y remoción de las crías muertas o dañadas por el alfiler. Después de 24 horas el marco es retirado siendo, luego, contadas las celdas vacías tanto en la área A como en la B (control).

Para la estimación del comportamiento higiénico (CH) de cada colonia son contadas las celdas operculadas (área A) sometidas a la perforación y 24 horas después que el panal permaneció en la colonia se cuentan las celdas desoperculadas o vacías y luego se divide el total de esas celdas vacías por el número de celdas perforadas. Este cálculo emplea el número de celdas desoperculadas y cuyas crías fueron removidas por las obreras higiénicas. Luego es calculado el factor de corrección "Z" de Moretto (1993) que corresponden a la tasa de limpieza natural del área correspondiente al control (área B cuyas celdas no fueron perforadas) para ser descontado del valor de celdas removidas en el área A. Por lo tanto, el valor de CH será igual al valor de celdas removidas o vacías del área A menos el valor de las celdas removidas o vacías del área B. La estimación de "Z" para el área B es obtenida de la misma manera que para el área A, siendo la única diferencia que en B las celdas operculadas no fueron perforadas y después de 24 horas se cuentan igualmente las celdas desoperculadas o vacías. El resultado final del comportamiento higiénico será el valor estimado para el comportamiento higiénico de la colonia que será utilizado solamente si el valor del factor de corrección (en el área B, control, sin perforación) es igual inferior a 10%. Esto es, si no existen más de 10 celdas vacías. Las fórmulas utilizadas para las estimaciones de CH y de Z son basadas en estudios de Gramacho (1999) y son las siguientes:

$$Z = \frac{Y \times 100}{A}$$

Donde:

**Z** = % de celdas limpias en el control (Factor de corrección)

**A** = Número de celdas conteniendo cría operculada (área B) antes de ser introducido el panal en la colonia para el test de limpieza.

**Y** = Número de celdas vacías (o limpias) del control que contenían crías operculadas y que fueron removidas naturalmente, sin haber sido perforadas siendo que: Y = C - B

**C** = Número de celdas vacías del área B (control) después que el panal ha sido sometido al test de limpieza en la colonia analizada.

**B** = Número de celdas vacías del área B antes que el panal sea sometido al test de limpieza.

$$CH = \frac{CV\ (\text{Después de 24 horas}) - CV}{C\ O} - Z$$

Donde:

**CV** (después de 24 horas)= Número de celdas vacías 24 horas después de la perforación.

**CV** = Número de celdas vacías antes de la perforación de las celdas operculadas.

**CO** = Número de celdas operculadas antes de la perforación.

**Z** = Factor de corrección obtenido del control.

Daremos a continuación, un ejemplo. Si fuesen perforadas en el área A, 100 celdas operculadas y después de 24 horas en la colmena resultaran apenas 5 celdas operculadas, la tasa de remoción corresponderá a 95%. Por otro lado, si en el área de control (área B) habían 100 celdas operculadas (no perforadas) y después de 24 horas resultaran 2 celdas desoperculadas o vacías de las 100 celdas operculadas, esto corresponderá al 2%

y este será el valor del Factor de Corrección, esto es Z= 2%. Por lo tanto, la estimación del comportamiento higiénico será 95% menos 2%, esto es, CH= 93%.

Podernos clasificar una colonia como higiénica o no higiénica en función de la cantidad o porcentaje de crías removidas en 24 horas después de la perforación. Por lo tanto, una colonia podrá ser más o menos higiénica en función de su capacidad de limpieza de las crías muertas o enfermas en el plazo de 24 horas. Para fines de selección las colonias que remueven 80% o más de las crías muertas son consideradas como higiénicas Gramacho & Gonçalves (1994) y las demás deben ser descartadas como poco o no higiénicas. Para una mayor precisión de la estimación del comportamiento higiénico de una colonia, se debe hacer por lo menos tres repeticiones por colonia, en intervalos mínimos de 15 días, El promedio de estas repeticiones será el diagnóstico final o puntaje final de la colonia en base a su comportamiento higiénico. Se recomienda también realizar los tests en días en que hay baja entrada de flujo nectáreo, pues, según Momot & Rothenbuhler (1971), las colonias bajo estas condiciones se presentan menos higiénicas, evitándose de esta forma la influencia del medio ambiente sobre el comportamiento.

**Selección para la coleccion de polen específico.**

Es bien conocido que insectos, y abejas en particular, juegan un rol vital en la polinización de muchas plantas, incluyendo importantes cosechas tales como alfalfa, soya, algodón, naranja y uva. Uno de los mejores tratados sobre polinización de insectos de plantas cultivadas fue publicado por Mc Gregor (1976). Este comportamiento es el resultado de peculiaridades de las flores también como de las abejas. En el caso de alfalfa *Medicago sativa*, abejas de la miel encuentran la acción del mecanismo de tropiezo desagradable, pero aquello parece que ellas aprenden como obtener el néctar fácilmente y evitan tropezar con la flor. Sin embargo, abejas colectoras de polen viajan cercanamente a cada flor.

La alfalfa produce una gran cantidad de néctar, pero cuando esto es cortada para heno, como normalmente es hecho, poco o ninguna miel es obtenida por los apicultores. La alfalfa es una pobre fuente de polen para abejas de miel. Debido al descargo de la columna sexual de la flor de la alfalfa que a veces golpea la parte inferior de la cabeza de la abeja, usualmente las abejas colectan polen de alfalfa solo cuando no es disponible otra fuente.

Una de los más importante contribuciones para el desarrollo de la genética del comportamiento de la abeja fue realizado por Mackensen & Nye (1966, 1969) así como por Nye & Mackensen (1965, 1970). Su trabajo fue concerniente al comportamiento de colecta de polen e involucró selección para diferencias en colección de polen de alfalfa. Nye & Mackensen (1965) evaluaron 356 colonias de abejas de la miel de varias fuentes y seleccionaron para tres crianzas añadidas que hubiesen colectado un alto porcentaje de polen de alfalfa y tres que hubiesen colectado un bajo porcentaje, por conteo del número de abejas cargadas con polen de alfalfa en muestras de abejas forrajeras de las colonias evaluadas. En el siguiente año se cruzó hijas de las colonias seleccionadas con sus hermanos; subsecuentemente, la descendencia de colonias encabezado por nuevas reinas fueron evaluadas. Las colonias encabezadas por hermanas reinas fueron más similares en la proporción de polen de alfalfa colectado que las colonias encabezadas por reinas no relacionadas (Nye & Mackensen, 1965).

Siete generaciones de cría selectas de la abeja de la miel fueron desarrollados desde las colonias seleccionadas y buen progreso fue alcanzado por selección sobre las dos líneas (alta APC (colectores de polen de alfalfa) y bajo APC) arriba de seis generaciones. La selección de la séptima generación en la alta y baja líneas de APC produjo pequeños cambios en el porcentaje de colectores de polen de alfalfa sobre la quinta y sexta generación. Estos resultados llevaron a los autores a concluir que una meseta se habia alcanzado en ambas líneas y más adelante la selección no produciria alguna mejora (Nye & Mackensen, 1970).

Retrocruzamientos a las líneas parentales fueron evaluados a lo largo con las líneas parentales en cinco generaciones, y los resultados sugieren que diferencias en colección de polen de alfalfa son debidos a varios genes con efectos aditivos.

Muchas publicaciones han sido escritas sobre polinización por abejas pero hasta ahora no hay evidencia que abejas hereden una preferencia por algún otro polen que no sea de alfalfa (Nye & Mackensen, 1968).

Observaciones en el comportamiento de pecoreo de las abejas *A. mellifera* en cinco cultivares de "palta" (Persea americana) fue realizado de 1982 – 1984 y 1991 -1992 en Galilea Israel. El examen de la morfología de las flores de la palta mostró que el estado de los pistilos y los estambres florales tienen similares estructuras. La colecta de néctar, o néctar y polen, visitando tanto pistilos y estambres florales, y debido a la estructura floral ellas se vieron obligadas a tocar tanto el pistilo como las anteras. Sólo sitios limitados del cuerpo de las abejas contacta con las anteras, y estos "sitios de colección" también contactan con el estigma, que ocupa la misma posición con respecto a las anteras y los estambres bajos. Muchos granos de polen de las paltas debido la visita de las estambres florales fueron agrupados en los "sitios de colección" y constituido en el polen más importante y disponible para la polinización. Algunos granos de polen distribuidos al azar sobre el cuerpo entero de las abejas que visitan cualquier pistilo o estambres florales pueden haberlos adquirido en la colmena, y no cumplen un rol importante en la polinización. Se considera que según las observaciones realizadas en un cultivar la polinización es lograda durante la superposición de fases de su pistilo y estambres florales, durante la cual las abejas colectan néctar y polen moviéndose libremente entre los estambres vecinos y el pistilo de las flores. La polinización entre cultivares de tipo de floración opuesta es llevado a cabo por las abejas moviéndose entre ellos a lo largo del periodo de superposición de la floración del pistilo de un cultivar y la floración de los estambres de otra flor. Las abejas que usualmente colectan sólo polen no visitan pistilos florales y no contribuyen a la polinización (Ish-Am & Eisikowitch, 1993).

Los modelos actuales de umbral de estímulos conllevan a la suposición secundaria que la variación en la tarea de sensibilidad es una consecuencia de efectos aditivos del genotipo y medioambiente (Robinson & Page, 1989a; Bonabeau *et al.*, 1996). Aunque cada obrera tiene un umbral individual, la distribución de umbrales en la población de obreras como un conjunto es continua y normalmente distribuida, Sin embargo, las medidas fenotípicas y genéticas del forrajeo de néctar y polen de la abeja de la miel sugieren que la variación genotípica en tareas de forrajeo involucra unos pocos grandes loci, y que la expresión fenotípica de estas tareas puede ser más cercano a un modelo de dominancia mendeliana (Hunt *et al,* 1995). En consecuencia la variación en umbrales de tarea puede ser bimodal o incluso discontinua

Los modelos de organización de tarea en abejas requieren de la integración de la variación intrínseca de la sensibilidad de las obreras a estímulos de tareas y la variación entre obreras en su interacción con el medio ambiente de la colonia. La variación genotípica juega un rol importante en la selección de la tarea. Sin embargo, el modelo de umbral de estímulos provee un mejor ajuste a patrones observados de organización de tarea del forrajeo cuando está integrado con actuales modelos de transferencia de información social (Fewell & Bertram, 1999).

La variación fenotípica en el forrajeo de polen y néctar es influenciado por unos pocos y grandes loci con posibles modificadores (Hunt *et al.*, 1995). Otras evidencias del comportamiento sugieren que los mayores efectos fenotípicos de estos loci muestran preferencias bimodales para forrajeo de polen. Además ha sido demostrado el carácter dominante del forrajeo de polen (Fewell & Bertram, 1999).

Fewell & Bertram (1999), encontraron que la variación genotípica juega un papel importante en la regulación de la tarea. Sin embargo, el cambio gradual en el comportamiento de la colonia sugiere que la flexibilidad del forrajeo de la colonia es mejor explicado por un modelo integrado incorporando variación genotípica en la elección de la tarea, pero en el cual la respuesta de la colonia es amplificada por interacciones sociales.

**Comportamiento en la actividad del vuelo**.

En un experimento llevado a cabo en Pederneiras, una ciudad cerca Piracicaba, Estado de Sao Paulo,

Kerr *et al.* (1970) estudió las actividades de vuelo de abejas italianas (*A. m. ligustica*), abejas africanizadas, y su híbridos F1 por un periodo de 13 meses. Ellos registraron los vuelos salientes por minuto a lo largo del día (en la mañana y al final del día) y concluyeron que las abejas africanizadas son más activas que las italianas. Ellos también mostraron cuan muy cercanos las abejas híbridas están a las abejas africanizadas en relación a las diferentes características de comportamientos estudiados. Esto claramente muestra la dominancia genética de genes africanos sobre genes italianos en el control del comportamiento de la actividad de vuelo. Los autores muestran que abejas africanizadas fueron 30% más activas durante la primera hora de vuelo en la mañana. Estos resultados están reportados por información de muchos apicultores quienes afirman que las abejas africanizadas empiezan a trabajar muy temprano en el día que las abejas europeas. Concerniente a la actividad de las abejas al final del día, ellos encontraron que en los últimos 24 minutos del día, las abejas africanizadas y el híbrido F1 fueron muchos más activos que las italianas. Aquí también, los resultados concuerdan con la información de muchos apicultores quienes dicen que abejas africanizadas paran de trabajar más tarde que las abejas italianas.

Gonçalves (1972, 1976, 1977), seleccionó una característica que influiría en la velocidad y otros tipos de comportamiento de vuelo para obtener abejas forrajeras más eficientes que lo normal. Él desarrolló una selección direccional de dos líneas innatas de *A. mellifera*, seleccionada para un número grande o pequeño de ganchos del ala (alta línea y baja línea). El programa de selección fue empezado por W. Drescher en Alemania Oriental, desde la primera a la novena generación y continuó en Riberirão Preto – São Paulo por Gonçalves en 1972. Por 1976 esto había alcanzado 22 generaciones de selección. Los cruces fueron controlados por inseminación artificial de abejas reinas. El coeficiente de endogamia de obreras y reinas, componentes de varianza, coeficiente de viabilidad de obreras, análisis de correlación y regresión de descendencia sobre un padre, estimación de la heredabilidad, y selección diferencial fueron estimados para predecir la respuesta de selección. Una alta correlación fue encontrada entre el promedio de un padre y descendencia en ambas líneas. La simetría de los padres no tuvo influencia sobre la variabilidad de la descendencia (obreras, zánganos y reinas). La viabilidad de las obreras fue lo opuesto del coeficiente de endogamia estimado. La reducción fue observada en la varianza genotípica de zánganos y obreras. Las respuestas extremas para cada línea de obreras fue $\chi$=10,60 y SD=1,07 en la línea baja, y $\chi$=28,58 y SD=1,97 en la línea alta. La eficiencia del programa de selección sobre las tres castas fue confirmada. Recientemente, uno de los colaboradores de Gonçalves, M. C. O. Campos, evaluó la actividad de vuelo de obreras y zánganos de ambas líneas seleccionadas y, después de tres meses de observaciones, concluyó que zánganos y obreras de la línea baja fueron más rápidos en los 500 m velocidad de promedio que las abejas de línea altas.

**Comportamiento defensivo de la abeja de la miel.**

En este ítem se debe tener en cuenta que los investigadores citados utilizan indistintamente el término agresividad o defensividad, este último actualmente es el mejor define este tipo de comportamiento

***1. Genética del comportamiento agresivo.***

La mayor atención ha sido enfocada sobre el problema de la agresividad de la abeja relacionada a la introducción de abejas africanas *(A. m. scutellata)* en Brasil. Estas abejas fueron introducidas en Brasil en un esfuerzo para incrementar la producción de miel. Sin embargo, poco después de su introducción, 26 reinas africanas fecundadas escaparon con enjambres. Los zánganos de estos enjambres se cruzaron con reinas de las subespecies europeas (*A. m. mellifera y A. m. ligustica)*. El resultado fue la formación de un híbrido de las tres subespecies. Estos híbridos son llamados abejas africanizadas porque ellos algunas veces parecen A. m. scutellata en varias características del comportamiento, especialmente en su agresividad.

Las diferencias en temperamento entre abejas italianas y africanizadas han sido estudiadas por un método desarrollado por Stort (1970, 1971, 1972a). Tres núcleos cada uno con una reina con capacidad de postura, fueron usados para el test de agresividad. Una pelota de cuero negro pequeña (2 cm en diámetro

y relleno con algodón) es movido y bajado por 60 segundos a una distancia de 5 cm de la entrada de la colmena y los siguiente datos de comportamiento son registrados: el tiempo en el cual la primera abeja pica la bola de cuero, el tiempo tomado por la colonia al iniciarse agresiva, número de picadas en los guantes del observador, número de picadas en la pelota de cuero, y la distancia que la abeja sigue al observador.

Este test es repetido cinco veces, con una nueva pelota de cuero cada vez. Colonias parentales africanizadas e italianas, colonias F1 híbridas, y colonias retrocruzadas italianas y africanizadas fueron evaluadas. Todos los cruces fueron hechos por inseminación instrumental y un zángano diferente fue usado para cada reina virgen (Rothenbuhler, 1960). Para el primer carácter, los valores obtenidos sobre comportamiento de F1 indican la presencia de genes dominantes en las abejas africanizadas. En los retrocruzes africanizados hubo 16 colonias agresivas y cuatro colonias mansas. El retrocruze a ancestros italianos mostró una distribución fuertemente sesgada frente a una reacción corta de tiempo, el cual indica que este no es un simple caso de aditividad de genes (Stort, 1975b). La posible acción de cuatro pares de genes llamados Ag con efectos epistásicos fue sugerido por Stort (1971). El análisis del tiempo que toma una colonia para hacerse agresiva mostró casi igual resultados en relación a la acción epistásica de los genes; es posible que los genes para el comportamiento agresivo parcialmente cubra la expresión de los genes para mansedumbre (Stort, 1976). El tiempo que tomó en que la primera abeja picó la pelota de cuero y el tiempo que tomó la colonia para volverse agresiva están altamente correlacionada (Stort, 1971) y posiblemente están controlados por genes que son parcialmente ligados o que controlan el mismo comportamiento básico. El observador administra la prueba de agresividad que lleva los guantes de cuero suaves que retienen cada picadura de la abeja para que ellos puedan contarse. El número de picaduras en los guantes del observador se define como el número de obreras que pican cuando los guantes del observador están sobre la entrada a la colonia. Los datos promedios para la colonia de F1 indican que genes dominantes están presentes en la subespecie italiana. No hay ninguna segregación subsecuentemente en el retrocruze italiano y hay una segregación de tres caracteres mansos: uno agresivo en el retrocruze africanizado, una hipótesis propone que el número de picaduras en los guantes se controla por dos pares de genes, llamado F1/F1: F2/F2, en las abejas italianas y f1/f1:f2/f2 en las abejas africanizadas (Stort, 1975c). Como por el número de picadas en la pelota de cuero, el enemigo artificial da tirones delante de la entrada a la colonia y fue picado muchas veces y el número de picaduras dejadas en la pelota era determinado en el laboratorio después de la prueba. Los datos indican que genes dominantes están presentes en la subespecie africanizada. Hay una segregación subsecuentemente de tres agresivos: uno manso en el retrocruze de africanizada y hay una segregación de uno subsecuentemente agresivo: uno manso en el retrocruze italiano, se supuso que el rasgo indicó por el número de picaduras en la pelota de cuero estar controlado por dos pares de genes, A y B, con dos alelos, AmAbr: BmBbr. Según esta hipótesis, las abejas italianas tenían el genotipo Am/Am: Bbr/Bbr, y las abejas africanizadas tenían Abr/Abr: Bm/Bm (Stort, 1975a). La distancia que las abejas siguieron al observador que empezó a caminar a una velocidad normal fuera de la colonia 60 segundos después que la pelota de cuero fue presentada, parece ser controlado por los genes dominantes en las abejas italianas. La distribución de los datos de italiana y retrocruze de africanizadas hace pensar en la acción de tres pares de genes que se llamaron Pr1, Pr2 y Pr3 (Stort, 1971). Así, 11 pares de genes que controlan la conducta agresiva fueron descritos en abejas italianas y abejas africanizadas. Después, los datos de Stort fueron reanalizados y concluyó que algunos que los genes descritos son idénticos, así el número de genes implicados se redujo de 11 a un máximo de ocho. En todas las cinco conductas agresivas estudiadas, los datos de las pruebas de cruces fueron compatibles con la hipótesis formulada. Stort (1971, 1974a) mostró que no hay ninguna asociación de los genes para la agresividad y genes de Ac (genes limitados a los machos que confieren el color del castaño oscuro a los zánganos africanos, las obreras son amarillas).

Las comparaciones entre los caracteres morfológicos y

la conducta agresiva mostraron resultados interesantes. En las abejas italianas, un aumento en el tamaño abdominal disminuye la agresividad. En las abejas africanizadas, un aumento en el tamaño de los ocelos disminuye la conducta agresiva. También, una correlación muy alta (-0.929) se encontró en las abejas africanizadas entre la longitud del mesoescutelo y el tiempo en que la primera abeja pica la pelota de cuero (Stort, 1972b). Ninguna correlación se observó entre el tamaño de picadura y la conducta agresiva en italiana y africanizada (Stort ,1972a, b; Stort & Chaud – Netto, 1978).

El cruzamiento de abejas africanizadas con las abejas caucásicas *A. m. caucasica* produjo F1 híbridos que (para el número de picaduras dejadas en el enemigo) fueron 3.3 veces más mansos que el stock parental africanizado. Este hecho indica la hibridación con las abejas caucásicas es importante reduciendo la agresividad en las abejas de africanizadas (Cosenza, 1972a, b).

Datos obtenidos por Stort (1971) en la agresividad del retrocruze de italiana y africanizada, no bajó por la incidencia directa de los rayos del sol, ni mostró influencia de la temperatura, por lo menos bajo las condiciones climáticas del Ribeirão Preto-São Paulo, Brasil. Los valores de los coeficientes de la correlación computados entre la conducta agresiva y temperatura no fueron significantes en un nivel del 5%. Según Lecomte (1963), la influencia del viento y el tiempo tormentoso en la agresividad de abejas es importante, pero la influencia de temperatura es menos cierta. Los cambios en el tiempo y formación de nubes produce los cambios locales de ataque en la abeja individual y en la colonia, lo cual influye en la conducta agresiva (Warnke, 1976). También, Lecomte (1963), mostró que durante los períodos de flujo de néctar, la agresividad de abejas europeas es más baja. En contraste, las abejas africanizadas muestran un aumento en la agresividad en la presencia de una gran cantidad de néctar (De Santis & Cornejo, 1968). En Brasil, Brandeburgo *et al.* (1976, 1977), después de someter 40 colonias de Ribeirão Preto - São Paulo y 40 colonias de Recife-Pernambuco a las condiciones climáticas diferentes por un período de dos años, pudo verificar que la agresividad de esas abejas cambió cada vez que las colonias (con el mismo pool de genes) se sometieron a condiciones medioambientales diferentes, en el nordeste y del sudeste de Brasil. Las abejas de miel de Pernambuco eran cuatro veces más agresivas que las abejas de São Paulo. Cada vez que las abejas de Pernambuco fueron evaluados en São Paulo, ellas se pusieron más mansas. La respuesta opuesta se obtuvo con las abejas de São Paulo evaluadas en Pernambuco. Los autores demostraron que la conducta agresiva (fenotipo) de las abejas de africanizadas fue muy influenciado por las condiciones climáticas de las dos regiones diferentes de Brasil, el cual muestra que la conducta de las abejas depende del ambiente a que ellos son expuestos. Mammo (1976), trabajando con las abejas africanas en Etiopía, mencionó que en situaciones donde el hombre y la naturaleza son implacables, las abejas son agresivas y la provocación más ligera es equivalente a una declaración de guerra. En lugares dónde ellos se han cuidado bien, las abejas son bastante mansas y fáciles manejar.

Mammo (1976) observó la conducta agresiva de dos grupos de abejas africanas localizada en dos estaciones experimentales en Etiopía (la tierra baja y el área caliente a 1500 m.s.n.m. y tierra alta y área fría a 3000 m.s.n.m). Él no aplicó las pruebas de agresividad pero pudo concluir que cada vez que él movía una colonia de abejas de la tierra baja y área caliente a una tierra alta y área fría, la agresividad de las abejas africanas disminuía. Cuando las colonias se transfirieron del área alta y fría al área baja y caliente, ellos parecían ajustar al nuevo ambiente inicialmente; sin embargo, semanas después, ellas se pusieron tan agresivas como las otras colonias en el área. Brandeburgo *et al.* (1976, 1977) pudo demostrar experimentalmente que las observaciones de Mammo (1976) eran correctas.

Ribbands (1954) verificó que cuando las abejas intentaron entrar en las colonias equivocadas ellos fueron reconocidos como extraños debido a su olor diferente, y su recepción (con o sin la hostilidad) dependía en la cantidad de néctar en la colonia. Las abejas guardianas podrían reconocer las abejas pilladoras por su vuelo oscilante (Butler & Free, 1952). Este vuelo ocurre como una respuesta innata a la presencia de una congestión de abejas de la misma

u otra colonia, a la entrada de la colmena cuando ellas están robando (Free, 1954). Los factores que inducen a las abejas a picar fueron investigados, y concluyeron que las abejas se animan más a picar por la presencia de un color oscuro , el olor de veneno, animales, y el sudor humano, por objetos en movimiento, y por los materiales de textura áspera (Free, 1961).

Diferencias en la agresividad están relacionadas estrechamente a la producción de substancias volátiles (feromonas) que provoca varias formas de conducta de alarma. Ghent & Gary (1962) mencionaron la existencia de una substancia química que funciona como una alarma para las abejas, y qué se suelta en el aparato de la picadura. Esta substancia es importante para atraer a las obreras al sitio donde están los enemigos. Usando cromatografía de gas de extracto de veneno de abeja, Boch *et al.* (1962) mostraron que esta sustancia es el isoamil acetato (isopentil acetato). Esta investigación sugiere que el isoamil acetato es uno de los componentes activos de la feromona de la picadura. Según Maschwitz (1964), las obreras producen feromonas de alarma en sus glándulas mandibulares así como en su aparato de la picadura. Shearer & Boch (1965), identificaron la substancia de alarma de las glándulas mandibulares de la abeja de miel como 2-heptanona. La función principal del olor 2-heptanona puede ser para repeler a las abejas pilladoras (Simpson, 1966). Hay variaciones considerables en la cantidad de isoamil acetato recuperado. Hasta 5ug por aguijón fueron obtenidos de las abejas guardianas y ninguno se obtuvo de abejas recién emergidas o de aguijones de reinas. Esto hace pensar en una relación entre la producción del isoamil acetato por las abejas obreras y el tipo de actividad social que ellos realizan (Boch & Shearer, 1966). En contraste, el volumen de 2-heptanona depende del desarrollo fisiológico en lugar de la edad cronológica de la abeja (Boch & Shearer, 1967).

Stort (1975a), Stort & Adorni (1972) informaron que las abejas africanizadas tienen un número más pequeño de sensilias placoideas (los receptores olfativos principales de las abejas) que las abejas italianas tienen en su antena. Por otro lado, Kerr *et al.* (1974) mostraron las abejas africanizadas producen cinco veces más feromona de alarma 2-heptanona que las abejas italianas, y esto representa un mecanismo compensatorio que es el resultado de la sensibilidad olfativa menor de las abejas de africanizadas probablemente.

Sin embargo, según Boch & Rothenbuhler (1974), se conoce que el aparato de la picadura de obreras castaños (la línea agresiva) contiene aproximadamente un tercio más isoamil acetato que las obreras van Scoy (la línea mansa). La producción de isoamil acetato en los híbridos fue variable, pero en el promedio se pareció a la línea Brown y dio una indicación de heterosis. Los análisis del veneno por técnicas de electroforesis de disco mostraron 10 bandas de proteínas similares en abejas africanizadas y italianas y en los híbridos de los cruzamientos (Mello, 1970). Otras investigaciones indicaron que especies diferentes tal como *Apis florae*, *Apis cerana, Apis dorsata* y *Apis mellifera* muestran las diferencias en los patrones de proteínas de veneno (Benton & Morse, 1968). También se verificaron diferencias entre *Apis florea* y *A. cerana* que fueron verificadas en la secuencia del aminoácido de melitina (Kreil, 1973)

***2. Medición del comportamiento defensivo.***

Cuando un estudio genético es usado para comparar agresividad o el comportamiento defensivo de las poblaciones diferentes y para analizar la conducta de los descendientes de sus cruces, es necesario usar un método que permite cuantificar las diferencias entre ellos. Todos sabían que las abejas africanas eran más agresivas que las europeas, pero no se sabía y era necesario determinar la magnitud de esta mayor agresividad.

Diversos métodos han sido propuestos para medir la agresividad mostrada por las abejas cuando defendían la colmena, algunos de estos se basaron en la presentación de "enemigos" artificiales a la colmena. Lecomte (1963) realizó un trabajo extensivo sobre el comportamiento defensivo usando modelos artificiales que actuaban como enemigos de la colmena. Llegó a la interesante conclusión que la conducta de las obreras en la presencia de enemigos artificiales es muy cercana a la inducida por enemigos naturales. Él mostró que el movimiento y el olor del veneno son variables importantes en el desencadenamiento de la conducta agresiva. Reportó

además que el número de ataques se incrementaba luego como una función del número de abejas presentes en la colmena hasta cierto límite y que los factores meteorológicos afectan la agresividad.

Boch & Rothenbuhler (1974) describieron otro método para evaluar la agresividad, "la prueba de la abertura". La tapa de la colmena es removida suavemente sin usar humo, luego son expuestas las partes superiores de los panales durante cinco minutos y la agresividad de las abejas (número de obreras que salen de la colmena) es registrada en una escala que varía de 0 (muy calmada) a 4 (altamente irritada). Los autores mostraron que las respuestas de los híbridos de los cruces de las líneas van Scoy (manso) x Brown (agresiva) fueron inmediatas, indicando ausencia de dominancia. Estos investigadores también usaron una prueba de respiración, por la cual el observador expira cerca de la entrada a la colmena y observa la reacción de las abejas. Cuando se usó esta prueba, la reacción agresiva de las obreras híbridas fue similar a la de los progenitores van Scoy.

Desde 1966, se realizaron diversas pruebas usando bolas de cuero negro de 2 cm de diámetro llenas de algodón. Estas bolas fueron balanceadas por separado o en conjunto frente a la colmena para estimular a las abejas. El comportamiento defensivo fue cuantificado por conteo del número de aguijones dejados en estos enemigos artificiales. Varios de estas pruebas mostraron que las abejas africanizadas eran más agresivas, y mostraron un rango mayor de comportamiento agresivo que las abejas europeas (Stort, 1972a).

Estas pruebas fueron mejoradas posteriormente, cuando se hizo obvio que otros rasgos además del número de aguijones dejados por las abejas, podrían ser medidas durante y después de la estimulación. Entonces, fue desarrollado una "prueba de agresividad" mucho más integral. Esta consistía en el balanceo de una bola de cuero negro (2 cm de diámetro) rellena con algodón frente a la entrada de la colmena durante 60 segundos para estimular a las abejas (Figs. 1 y 2). Fueron medidos los rasgos del comportamiento ya descritos en el ítem genética del comportamiento agresivo (Stort, 1971; Stort, 1972b, Stort, 1974b).

El comité científico que vino a Brasil en 1972 bajo el auspicio de la Academia Nacional de Ciencias realizó una serie de pruebas con un dispositivo llamado agresómetro. Este aparato fue colocado cerca de la colmena y estimuló a las abejas por medio de una parte giratoria circular localizada en su centro. Cuando las abejas volaron cerca del aparato fueron capturados por este y caían dentro de un compartimiento inferior conteniendo agua, donde luego eran contadas para determinar el número de ataques del enemigo. El grupo americano también usó piezas de gamuza o cuero cuadrangular los que fueron presentados frente a la colmena como enemigos y donde luego se procedieron a contar el número de aguijones.

Estas pruebas han sido usadas para determinar el comportamiento defensivo de una colmena en su totalidad. Otros métodos han sido usados para determinar la reacción de las obreras confinadas en pequeñas cajas (Collins & Rothenbuhler, 1978; Collins, 1979; 1980; 1982; Collins & Blum, 1982; 1983). También se obtuvieron datos en relación a la agresividad de colonias africanizadas mediante el uso de una metodología diferente (Collins & Kubasek, 1982; Collins *et al.*, 1982; Collins & Rinderer, 1985). Se debe tener en cuenta que la pelota de gamuza de 2 cm de diámetro propuesta por Stort para medir la agresividad de las abejas, fué modificada por Collins & Kubasek (1982) quienes propusieron el uso de una pelota de 5 cm de diámetro.

### *3. Secuencia conductual de la abeja defensiva*

La figura 3 muestra la organización de la conducta defensiva de abejas europeas, pero los elementos son probablemente similares para todas las abejas. Tanto las abejas guardianas, que patrullan la entrada de la colonia (Batra, 1964; Breed *et al.*, 1992; Stabentheiner *et al.*, 2002 Arechavaleta-Velasco & Hunt, 2003; Arechavaleta-Velasco *et al.*, 2003; ), como las abejas defensoras (Breed *et al.*, 1990), que participan en ataques en masa en vertebrados, siguen esta secuencia básica. Cada evento en la secuencia representa una respuesta defensiva mayor. Una vez que una abeja ha ubicado a la amenaza, puede estar en contacto antenal con el objetivo, ponerse en contacto con el punto de encuentro tiene un

Fig 1. Inicio del test de agresividad con abejas africanizadas (tomado de Gonçalves & Stort. 1978).

Fig. 2 Estado luego del test de agresividad con abejas africanizadas (tomado de Gonçalves & Stort. 1978).

efecto intimidatorio sobre muchos intrusos, pero esto también permite a la verificación de la identificación del objetivo como una amenaza La actividad de las antenas es particularmente importante en la discriminación de los intrusos de la misma especie, los cuales pueden ser fácilmente confundidos con sus compañeras. Esta separación detallada de los acontecimientos en una respuesta defensiva permite el análisis independiente de los factores que regulan cada comportamiento. Por lo general más de una abeja detiene a una amenaza para la colonia. La presencia de cientos o miles de otras abejas en las proximidades significa que en la mayoría de circunstancias muchas abejas tienen la oportunidad de percibir un intruso; la etapa de la percepción en la figura 3 es normalmente un evento compartido. En el análisis de la conducta defensiva, los investigadores encuentran difícil separar los efectos de las respuestas de una abeja individual a la amenaza de los efectos del reclutamiento sobre sus respuestas. Aunque la secuencia de los acontecimientos en la respuesta defensiva de una abeja individual es probablemente similar para todos los contextos, la eficacia de los diferentes componentes de ataque varía considerablemente, en función de la amenaza. Algunas abejas pueden ser más propensas que otros a encontrar un contexto de defensa particular, y en la posibilidad de especialización en funciones defensivas. Los mismos factores fisiológicos y cronológicos que priman en las abejas a participar en la conducta defensiva también regulan otras actividades en la colonia. Por coincidencia de la ubicación o iniciador fisiológico, las abejas individuales tienen probabilidades diferenciales de encontrar y controlar diferentes amenazas para la colonia.

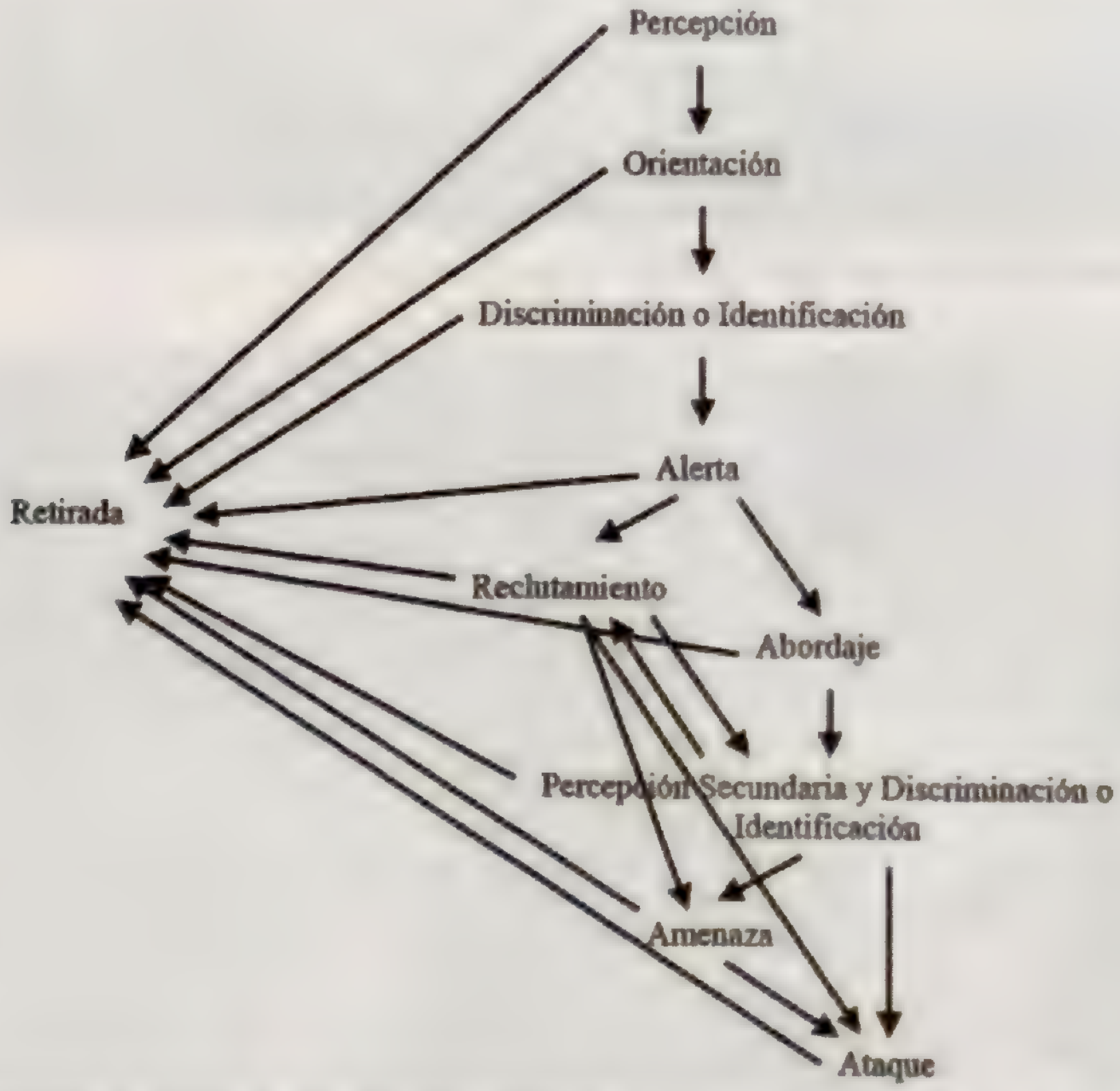



Fig 3. La secuencia de eventos en una respuesta defensiva de la abeja de la miel (tomado de Breed *et al.*, 2004).

### *4. Culminación defensiva*

El comportamiento defensivo a menudo culmina con un ataque; la mayoría de las amenazas a las colonias provocan un comportamiento de persecución, mordedura, y picadura, aunque las especies de *Apis*, y ecotipos dentro de las especies, varían en forma activa en la defensa que ellos usan. Especies de *Apis* pueden ser divididas en aquellas que anidan en cavidades (ejemplos comúnmente citados incluyen *A. mellifera, A. cerana,* y *A. nulanensis)* y aquellas con colonias expuestas (como *A. andreniformis, A. florea,* y *A. dorsata).* El anidamiento en cavidades proporciona protección física, la cual es alcanzada en especies de nidos expuestos por que estas tienen una "cortina" de

obreras que cubre el panal. La autotomía del aguijón de la abeja mejora el uso de la picadura en su defensa por permitir el flujo continuo de veneno después que la abeja pierde el aguijón en el momento de la picadura, aunque esto trae consigo la mortalidad de obreras (Cunard & Breed, 1998). El reflejo de la picadura se ha desarrollado plenamente en las abejas de más de 5-7 días (Burrell & Smith, 1994), pero la probabilidad de utilizar realmente la picadura muestra considerable variación fenotípica.

Las obreras de A. *mellifera* vuelan de la colonia para perseguir, morder, y picar vertebrados, aunque las abejas africanizadas y las abejas europeas difieren radicalmente en sus niveles de respuesta. Abejas obreras de *A. florae* también pueden perseguir a un intruso. , las obreras de *A. cerana* se retiran a su colmena en cavidad cuando son amenazados, volando para picar sólo después de una perturbación persistente. La abeja gigante, *A. dorsata*, es bien conocida por los ataques agresivos, los cuales son efectivos en disuadir a una gran variedad de posibles depredadores (Seeley *et al*., 1982).

Las obreras de *Apis* a veces emplean tácticas de defensa inusuales contra otros artrópodos. Por ejemplo, de *A. mellifera* (Spangler & Taber, 1970) y *A. cerana* (Seeley *et al*., 1982) usa ráfagas de aire para desalojar hormigas intrusas en las entradas de la colmena. Estos se producen cuando una obrera se vuelve para encarar desde lejos a la hormiga y abanican sus alas rápidamente, una postura normalmente asociada con la ventilación de la colmena. Hormigas son excluidos de las colmenas de *A. florea* por resina, la cual las abejas depositan sobre las ramas alrededor de sus colmenas (Seeley *et al*., 1982). Las obreras de *A. cerana* rodean avispones en una bola compacta y usan sus capacidades termoregulatorias para elevar la temperatura dentro de la bola a un punto letal para la avispa (Ono *et al*., 1995, Shah & Shah, Koeniger *et al*., 1996). Hacer una bola y aumentar su temperatura al parecer también son capaces de realizarlo las obreras de *A. nuluensis* (Koeniger *et al*., 1996).

Avispones también pueden provocar el comportamiento de "rielaje" y "sacudir el cuerpo" de obreras de *A. mellifera* (Butler, 1974), *A. florea* (Pirk *et al*., 2002), y *A. dorsata* (Kastberger *et al*., 1998). En el "sacudir", las abejas congregadas en la entrada de la colmena o cubriendo el panal expuesto de forma sincrónicamente elevan su abdomen, creando un efecto dominó que impide que la avispa se pose (Butler, 1974; Seeley *et al*., 1982). Sacudiendo *A. dorsata* y *A. nuluensis* exponen sus glándulas Nasanov, lo cual sugiere una función en comunicación defensiva en estas especies (Koeniger *et al*.;1996 Kastberger *et al*., 1998).

El "rielaje" es un gran ruido audible agudo y silboso que es emitido por el contacto mecánico directo con la amenaza. Considerando que la feromona de alarma es el principal modo de comunicación y reclutamiento entre obreras defensivas en *Apis*, el "rielaje" estimula a otras obreras para el "silbido". El "rielaje" sirve como una señal de alarma en *A. florea*, el "silbido" alerta a las obreras por la presencia de una amenaza y puede alejar a los depredadores pequeños (Sen Sarma *et al*., 2002). Obreras de *A. dorsata* también "silban" cuando la colmena es amenazada (Seeley *et al*., 1982), y en *A. nuluensis* el contacto táctil estimula el "rielaje" y señales visuales causan temblores (Koeniger *et al*., 1996).

Las obreras de *A. mellifera* encierran a los pequeños escarabajos de la colmena, *Aethina tumida*, mediante el uso de propóleos (resinas de las plantas) (Neumann *et al*., 2001; Ellis *et al*., 2002). Los escarabajos, los cuales son fácilmente detectados por las obreras, son atacados y, a veces decapitados. En respuesta al ataque, los escarabajos pueden retirar sus cabezas y antenas, previniendo de daños físicos, o tratan de esconderse en las grietas. Si las abejas descubren un escarabajo oculto, lo encierran en el propóleo, las abejas de guardia impiden su fuga durante el proceso de encapsulado. Irónicamente, los escarabajos presos inducen a sus captores para darles de comer imitando el comportamiento de mendicidad de obreras (Ellis *et al*., 2002). Del mismo modo, *A. cerana* puede atrapar ácaros, *Varroa jacobsoni*, en las celdas utilizando tapones de cera. En general, los artrópodos que son demasiado pequeños o duros para ser picados, tales como los ácaros, puede ser controlados por comportamientos de aseo y/o mordidos o por la remoción del interior de las celdas, (Correa-Marques & De Jong, 1998; Spivak & Downey, 1998; Bienefeld *et al*., 1999; Boecking &

Spivak, 1999; Aumeier, 2001; Lapidge *et al.*, 2002). Las "polillas" de la cera *Galleria mellonella* y *Achroia grisella* también son víctimas de mordidas y arrastre por las abejas dentro de colonias (Eischen *et al.*, 1996). Estas respuestas conductuales, los cuales ocurren en el interior de la colmena, envuelven los mismos principios de identificación del enemigo que se aplican a los intrusos en la entrada de la colonia y pueden ser comportamientos relacionados con las amenazas de fuera de la colonia.

**5. Regulación génica y evolución conductual**

Los cambios de la regulación génica, como se cree, son la base de la evolución de fenotipos nuevos en animales (Stern, 2000; Carroll *et al*; 2001; Davidson, 2001; Carroll, 2005). La aparición de los estudios del desarrollo animal, y las pruebas para esta teoría consiste en gran parte en diferencias del modelo temporal o espacial de expresión génica relacionada con la evolución morfológica El grado en que la teoría es válida para la evolución de otros rasgos complejos como el comportamiento es muy poco conocido (Robinson & Ben-Shahar , 2002). Sin embargo, el proceso subyacente es coherente de que la evolución fenotípica procede por la "la asimilación genética" de Waddington de las respuestas plásticas al ambiente (West-Eberhard, 2003; West-Eberhard, 2005), lo que debe tener mucho de válido para el comportamiento.

Se usó la agresión de la abeja de miel porque el análisis extenso previo ha mostrado que esto es un sistema conductual rico e intrincado y completo con componentes bien definidos como respecto al medio ambiente, la madurez, y los componentes heredables (Breed *et al.*, 2004; Hunt ,2007 ). Todas las colonias de abeja de miel responden agresivamente cuando su colonia es perturbada o atacada, pero existe una marcada variación en la intensidad de su respuesta. En colonias dóciles sólo unas abejas pueden responder, mientras que en colonias más agresivas, la respuesta puede implicar cientos o aún miles de individuos para picar.

La agresión es un complejo, de rasgo poligénicos (Nelson, 2005). Una prueba adecuada de la idea que hay una base molecular común de las diferencias en la agresión de carácter ambiental, de maduración o factores hereditarios, requiere de un análisis de genes múltiples en diferentes vías. Por lo tanto se realizaron perfiles transcripcionales con el análisis de microarrays. Demostrándose, que hay diferencias notables en la agresión entre colonias de abejas, y que la expresión de genes del cerebro relacionado a la agresión en abejas está sujeto a fuertes influencias heredadas y medioambientales. Las abejas africanizadas y las abejas europeas difieren en la expresión de cientos de genes, con las más fuertes diferencias lo que es evidente en aquellas abejas más fuertemente comprometidas en la defensa de la colonia. Los efectos medioambientales fueron detectados tanto en términos de efectos de la feromona de alarma como el ambiente de la colonia sobre la expresión de genes del cerebro. Basados sobre estos hallazgos se encontró soporte para la idea que los cambios en la regulación de genes subyacen en la evolución de la diversidad del comportamiento (Alaux *et al*, 2009).

**6. Análisis genómico y el comportamiento defensivo**

La identificación de los genes que varían en la estructura y la expresión puede conducir a nuevas ideas sobre los mecanismos que gobiernan la expresión de un comportamiento particular social (Robinson, 2002). La variación alélicas entre abejas africanizadas y europeas puede tener correlación con la variación en comportamientos sociales, incluyendo la agresión,

Se ha secuenciado una región genómica de 81 kb de la abeja de miel, *Apis mellifera,* asociado con un Locus de Rasgo Cuantitativo (QTL) Sting 2 para el comportamiento agresivo. Esta secuencia representa el primer estudio extenso del de la estructura del genoma de la abeja abarcando genes potenciales en un QTL para un rasgo conductual. Se confirmaron la expresión de 13 genes potenciales, así como dos transcritos que estaban presentes en una base de datos EST de la abeja de la miel, esto fue confirmado por el análisis de transcripción reversa del mRNA de la cabeza de abeja. Mientras que la mayor parte de transcritos exhibieron poca o ninguna variación entre alelos de abejas africanizadas y europeas, un transcrito demostró substituciones no sinónimas significativas, delecciones, e inserciones. Los 13 genes potenciales carecieron de similaridad a

proteínas conocidas de invertebrados o vertebrados o transcritos. Esta observación puede ser reflexiva de los procesos que determinan la evolución genómica de un insecto con el comportamiento social y/o haplo-diploide y son una indicación de la naturaleza única del genoma de la abeja Estos resultados hacen de esta secuencia un instrumento de investigación invalorable para el esfuerzo del secuenciamiento del genoma completo en curso de la abeja de la miel (Lobo *et al.*, 2003).

## Literatura Citada.


**Alaux, C.; S. Sinha; L. Hasadsri; G. J. Hunt; E. Guzmán-Novoa; G. Degrandi- Hoffman; J. L. Uribe-Rubio; B. R. Southey; S. Rodríguez-Zas & G. E. Robinson.** 2009. Honey bee aggression supports a link between gene regulation and behavioral evolution. PNAS.

**Arechavaleta-Velasco, M. E. & G. J. Hunt.** 2003. Genotypic variation in the expression of guarding behavior and the role of guards in the defensive response of honey bee colonies. Apidologie. 34: 439-447.

**Arechavaleta-Velasco, M. E.; G. J. Hunt & C. Emore.** 2003. Quantitative trait loci that influence the expression of guarding and stinging behaviors of individual honey bees. Behav. Genet. 33: 357–364.

**Aumeier, P.** 2001. Bioassay for grooming effectiveness towards Varroa destructor mites in Africanized and Carniolan honey bees Apidologie. 32: 81–90.

**Batra, S. W. T.** 1964. Organisms associated with *Lasioglossum zephyrum* (Hymenoptera: Halictidae). J. Kans. Entomol. Soc. 38: 367–89.

**Benton, A. W. & R. A.Morse.** 1968. Venom toxicity and proteins of the genus *Apis*. J. Apic. Res. 7: 113-118

**Boch, R. & W. C. Rothenbuhler.** 1974. Defensive behaviour and production of alarm pheromone in honeybees. J. Apic. Res. 13: 217-221

**Bienefeld, K.; F. Zautke; D. Pronin & A. Mazeed.** 1999. Recording the proportion of damaged *Varroa jacobsoni* Oud. in the debris of honey bee colonies (Apis mellifera). Apidologie. 30: 249–256.

**Boch, R. & D. A.Shearer.** 1966. Isopentyl acetate in stings of honeybees of different ages. J. Apic. Res. 5: 65-70

**Boch, R. & D.A. Shearer.** 1967. 2- Hepta none and 10-hydroxi-trans-dec-2-enoic acid in the mandibular glands of worker honeybees of different ages. Z. Comparat. Physiol .54: 1-11.

**Boch, R.; D. A. Shearer & B. C. Stone .** 1962, Identification of iso-amyl acetate as an active component in the sting pheromone of the honeybee. Nature. 195: 1018-1020.

**Boecking, O. & M. Spivak.** 1999. Behavioral defenses of honey bees against *Varroa jacobsoni* Oud. Apidologie. 30: 141–158.

**Brandeburgo, M. A. M.; L. S. Gonçalves & W.E. Kerr.** 1976. Nota sobre o estudo do efeito das condiçoes climáticas sobre a agressividade das abelhas africanizadas. Cienc. Cult. São Paulo. 28: 276-277.

**Brandeburgo, M. A. M.; L. S. Gonçalves & W. E. Kerr.** 1977. Estudo da correlaçao entre caracteres comportamentais (agressividade) de abelhas africanizadas e condiçoes climáticas. Cienc. Cult. São Paulo. 29(7): 750 pag.

**Breed, M. D.; G. E. Robinson & R. E. Page.** 1990. Division of labor during honey bee colony defense. Behav. Ecol. Sociobiol. 27: 395–401.

**Breed, M. D.; T. A. Smith & A. Torres.** 1992. Role of guard honey bees (Hymenoptera: Apidae) in nestmate discrimination and replacement of removed guards. Ann. Entomol. Soc. Am. 85: 633–37.

**Breed, MD; E .Guzman-Novoa &, G.J. Hunt.** 2004 Defensive behavior of honey bees: Organization, genetics, and comparisons with other bees. Annu Rev Entomol 49:271–298

**Burrell, D. & B. H. Smith.** 1994. Age-related but not caste-related regulation of abdominal mechanisms underlying the sting reflex of the honey bee, *Apis mellifera*. J. Comp. Physiol. A. 174: 581–592.

**Butler, C. G.** 1974. TheWorld of the Honey Bee. London: Collins.

**Butler, C. G. & J. B. Free.** 1952. The behaviour of worker honeybees at the hive entrance. Behaviour. 4: 262-292.

**Carroll, S.B; K. Jennifer; J.K. Grenier & S.D. Weatherbee.** 2001 From DNA to Diversity.Molecular Genetics and the Evolution of Animal Design (Blackwell Science, Oxford).

**Carroll, S.B.** 2005 Evolution at two levels: On genes and form. PLoS Biol 3:e245.

**Collins, A. M. & W. C. Rothenbuhler.** 1978. Laboratory test of the alarm chemical, isopentyl acetate, by Apis mellifera. Ann. Entomol. Soc. Am. 71: 906-909.

**Collins, A. M.** 1979. Genetics of the response of the honeybee to an alarm chemical, isopentyl acetate. J. Apic. Res. 18: 285 – 291.

**Collins, A. M.** 1980. Effect of age on the response to alarm pheromones by caged honeybees. Ann. Entomol. Soc. Am. 73: 307-309.

**Collins, A. M.** 1982. Behavior genetics of honey bee alarm communication. In The Biology of Social Insects, Proc. Ninth Cong. IUSSI ed. M. D. Breed, C. D. Michener, H. E. Evans. pp. 307-31 1. Boulder, Colorado: Westview Press.

**Collins, A. M. & M. S. Blum.**1982. Bioassay of compounds derived from the honey bee sting. J. Chem. Ecol. 8: 463-470.

**Collins, A. M. & M. S. Blum,**1983. Alarm responses caused by newly identified compounds derived from the honey bee sting. J. Chem. Ecol 9: 57-65.

**Collins, A. M. & K. J. Kubasek**.1982. Field test of honey

bee (Hymenoptera: Apidae) colony defensive behavior. Ann. Entomol. Soc. Am. 75: 383-387.

**Collins, A. M.; T.E. Rinderer; I. R. Harbo & A. B Bolten.** 1982. Colony defense by Africanized and European honeybees. Science. 218: 72-74.

**Collins, A. M. & T. E. Rinderer.** 1985. Effect of empty comb on defensive behavior of honeybees. J. Chem. Ecol. 11: 333-338.

**Correa-Marques, M. H. & D. De Jong.** 1998. Uncapping of worker bee brood, a component of the hygienic behavior of Africanized honey bees against the mite *Varroa jacobsoni* Oudemans. Apidologie. 29: 283–289.

**Cosenza, G. W.** 1972a. Comparação entre a agressividade da abelha africana da abelha caucasiana e suas hibridas Ver. Bras. Entomol. 16: 13-15.

**Cosenza, G. W.** 1972b. Comportamento e produtividade da abelha africana de suas híbridas. Ser. Pesq. Ext. Sete Lagoas Minas Gerais. 19: 1-8.

**Cosenza, G. W.& J. Silva.** 1972. Comparação entre capacidade de limpeza de favo da abelha africana da abelha caucasiana e suas híbridas, Cienc. Cult. São Paulo 24: 1153-1158.

**Cunard, S. J. & M. D. Breed.** 1998. Poststinging behavior of worker honey bees (Hymenoptera: Apidae). Ann. Entomol. Soc. Am. 91: 754–757.

**Davidson, E.H.** 2001 Genomic Regulatory Systems: Development and Evolution, (Academic,San Diego).

**De Santis, L. & L. G. Cornejo.**1968 La abeja africana *Apis (Apis) adansonii* en America del Sur. Rev. Fac. Agron. Univ. Nac. La Plata. 44: 17-35.

**Eischen, F. A.; T. E. Rinderer & A. Dietz.** 1986. Nocturnal defensive responses of Africanized and European honey bees to the greater wax moth *(Galleria mellonella L)*. Anim. Behav. 34: 1070–1077.

**Ellis, J. D.;C. W. W.Pirk; H. R. Hepburn; G. Kastberger & P. J. Elzen.** 2002. Small hive beetles survive in honeybee prisons by behavioural mimicry. Naturwissenschaften. 89: 326–328.

**Fewell, J. H. & S. M. Bertram**. 1999. Division of labor in a dynamic environment: response by honey bees *(Apis mellifera)* to graded changes in colony pollen stores. Behav. Ecol. Sociobiol. 46: 171-179.

**Free, J. B.** 1954. The behaviour of robber honeybees. Behaviour 7(1): 233-239.

**Free, J. B.** 1961 The stimuli releasing the stinging response of honeybees. Anim. Behav. 9: 193-196.

**Ghent, R. L. & N. E. Gary.** 1962. A chemical alarm releaser in honeybee stings *(Apis mellifera* L.). Psyche. 69: 1-6.

**Gonçalves, L. S.** 1972. Untersuchung Uber das morphologische Merkmal Zahl der Fluegelhäkchen bei *Apis mellifica*. Int. Bienenzüchter Kongr. Apimondia, Lanz am See, Austria.

**Gonçalves, L. S.** 1976. Seleção Direcional em Duas Linhagens Endocruzadas de *Apis mellifera* L. Tese de Livre Docencia. São Paulo: Fac. Medic. Ribeirão Preto Univ. 158 pp.

**Gonçalves, L. S.** 1977. Seleção direcional em duas linhagens endocruzadas de *Apis mellifera* L. Apresentado No. III Congr. Lat. Am. de Genética Montevideo.

**Gonçalves, L. S.** 2002. IV Curso Internacional Teórico-Práctico sobre el control y manejo de la abeja africanizada. 05-08 Noviembre, Cañete-Chanchamayo, Perú.

**Gonçalves, L. S. & W. E. Kerr.** 1970. Genética, Seleção e Melhoramento. 1. Noções sobre genética e melhoramento em abelhas. *In:* Anais do I Congresso Brasileiro de Apicultura, Florianópolis, SC, Brazil. 8-36 pp.

**Gonçalves, L. S. & A. C. Stort.** 1978. Honey bee improvement through behavioral genetics. Ann. Rev. Entomol. 31: 197-213.

**Gramacho, K. P.** 1999 Fatores que interferern no comportamento higiénico das abelhas *Apis miellifera*.Tese de Doutoramento. Fac. de Filosofia, Ciencias e Letras de Ribeirão Preto-USP. 225p.

**Gramacho, K. P. & L. S. Gonçalves.** 1994. Estudo comparativo dos métodos de congelamento e perfuração de crias para avaliação do comportamento higiênico em abelhas africanizadas. *In*: Anais do IV Congreso Iberolatinoamericano de Apicultura, Rio Cuarto-Córdoba. 45p.

**Hunt, G. J.; Page, R.E. Jr.; Fondrk, M.K. & C.J. Dullum. 1995.** Major quantitative trait loci affecting honey bee foraging behavior. Genetics. 141 (4) 1537-1545.

**Hunt, G.J.** 2007. Flight and fight: A comparative view of the neurophysiology and genetics of honey bee defensive behavior. J Insect Physiol 53:399–410.

**Jones, R. L. & W. C Rothenbuhler.** 1964. Behaviour genetics of nest cleaning in honeybees. 11. Responses of two inbred lines to various amounts of cyanide-killed brood. Anim. Behav. 12: 584-588.

**Kastberger, G.; G. Raspotnig; S. Biswas & O. Winder.** 1998. Evidence of Nasonov scenting in colony defence of the giant honeybee Apis dorsata. Ethology. 104: 27–37.

**Kerr, W. E.; M. S. Blum; J. F. Pisani & A. C. Stort.** 1974. Correlation between amounts of 2-heptanone and iso-amyl acetate in honeybees and their aggressive behaviour. J. Apic. Res. 13: 173-176.

**Kerr, W. E.; F. A. M. Duarte & R. S. Oliveira.** 1975. Genetic component in learning ability in bees. Behav. Genet. 5: 331-337.

**Kerr, W. E.; L. S Gonçalves; L. F. Blotta & H. B. Maciel.** 1970. Biologia comparada de abelhas italianas (*Apis mellifera ligustica*) abelhas africanizadas (*Apis mellifera adansonii*) e suas hibridas, pp. 151-185. in Anais do I Congr. Bras. Apicult 1. Florianópolis, Brasil.

**Koeniger, N.; G. Koeniger; M. Gries; S. Tingek & A. Kelitu.** 1996. Observations on colony defense of *Apis nuluensis* Tingek, Koeniger and Koeniger, 1996 and predatory behavior of the hornet, *Vespa multimaculata* Perez, 1910. Apidologie. 27: 341–352.

**Kreil, G.** 1973. Structure of melittin isolated from two species of honey bees. Febs Lett. 33: 241-44.

**Kulincevic, J. M. & W. C. Rothenbuhler.** 1975. Selection for resistance and susceptibility to hairless black syndrome in the honeybee. J. Invertebr. Pathol. 25: 289-295.

**Kulincevic, J. M.; G. R. Stairs & W. C. Rothenbuhler.** 1969. A disease of the honeybee causing behavioral changes and mortality. J. Invertebr. Pathol. 14: 13-17.

**Lapidge, K. L.; B. P. Oldroyd & M. Spivak.** 2002. Seven suggestive quantitative trait loci influence hygienic behavior of honey bees. Naturwissenschaften. 89: 565–568.

**Lecomte, J.** 1963. Le comportement agressif des ouvriéres d' *Apis mellifera* L. PhD thesis. Univ. Paris. 116 pp.

**Lindauer, M.** 1960. Time compensated sun orientation in bees. Cold Spring Harbor. Symp. Quant. Biol. 25: 371-377.

**Lobo, N. F.; L. Q. Ton; C. A. Hill; C. Emore; J. Romero-Svenson; G. J. Hunt & F. H. Collins.** 2003. Genomic analysis in the sting-2 Quantitative Trait Locus for defensive behavior in the honey bee, *Apis mellifera*. Genomic Research. 13: 2588-2593

**Mackensen, O. & W. P. Nye.** 1966. Selecting and breeding for collecting alfalfa pollen. J. Apic. Res. 5: 79-86.

**Mackensen, O. & W. P. Nye.** 1969. Selective breeding of honeybees for alfalfa pollen collection: sixth generation and outcrosses. J. Apic. Res. 8: 9-12.

**Mammo, G.** 1976. Practical aspects of bee management in Ethiopia. Presented at Apic. Tropic. Clim. Conf., London.

**Maschwitz, V. W.** 1964. Alarm substances and alarm behaviour in social Hymenoptera. Nature. 204: 324-27.

**Mello, M. L. S.** 1970. A qualitative analysis of the proteins in venoms from *Apis mellifera* (including *A. m. adansonii*) and Bombus atratus. J. Apic. Res. 9: 113-120.

**Momot, J. P. & W. C. Rothenbuhler.** 1971. Behaviour genetics of nest cleaning in honeybees. VI. Interactions of age and genotype of bees, and nectar flow. J. Apic. Res. 10: 11-21.

**Moretto, G.** 1993. Estudos de algumas variáveis relacionadas a um mecanismo de defesa operarias de *Apis mellifera* á Varroatose e á taxa de reprodução do ácaro Varroa jacobsoni. Tese de Doutoramento. FMRP-USP, Brasil; 115 p.

**Nelson, R.J.** 2005. Biology of Aggression (Oxford Univ Press, New York).

**Neumann, P.; C. W. W. Pirk; H. R. Hepburn; A. J. Solbrig; F. L. W. Ratnieks; P.J. Elzen & J.R. Baxter.** 2001. Social encapsulation of beetle parasites by Cape honeybee colonies (*Apis mellifera capensis* Esch.). Naturwissenschaften. 88: 214–216.

**Newton, D. C. & N. J.Ostasiewski.** 1986. A simplified for behavioral resistance to American foulbrood in honey bees (Apis mellifera L.). Am. Bee J. 126: 278.

**Nye, W. P. & O.Mackensen.** 1965. Preliminary report on selection and breeding of honeybees for alfalfa pollen collection. J. Apic. Res. 4: 43-48.

**Nye, W. P. & O.Mackensen.** 1968. Selective breeding of honeybees for alfalfa pollen: fifth generation and backcrosses. J. Apic. Res. 7: 21-27.

**Nye, W. P. & O.Mackensen.** 1970. Selective breeding of honeybees for alfalfa pollen: with tests in high and low alfalfa pollen collection regions. J Apic. Res. 9: 61-64.

**Pessotti, I.** 1963a. Aprendizagem e Extingo de uma discriminação em duas espécies de abelhas sociais. Comun XV Reuniao Soc. Bras. Progr. Cienc. Campinas-São Paulo.

**Pessotti, I.** 1963b. Alcune misure di relazioni temporali in una discriminazione in *Velipona seminigra merrilae*. Rass. Psicol. Gen. Clin. 4: 1-18.

**Pessotti, I.** 1964. Estudo sobre aprendizagem e extinçao de uma discriminaçao em. J. Bras. Psicol. 1: 77-93.

**Pessotti, I.** 1967a. Aprendizagem de uma discriminação como critério para classificação de abelhas. Rev. Latinoamerican. Psicol. 1: 177-187.

**Pessotti, I.** 1967b. Estudo sobre discriminação em Trigona (s) postica. Rev. Psicol Norm. Patol. 3-4: 217-229.

**Pessotti, I.** 1972. Discrimination with light stimuli and a lever-pressing response in *Melipona rufiventris*. J Apic. Res. 11: 89-93.

**Pirk, C. W. W.; R. Hepburn; S. E. Radloff & J. Erlandsson.** 2002. Defense posture in the dwarf honeybee, Apis florae. Apidologie. 33(3): 289–294.

**Reinhardt; J. F.** 1952. Some response of honey bees to alfalfa flowers. Am. Naturalist. 86 (830): 257-275.

**Ribbands, C. R.** 1954, The defense of the honeybee community. Proc. Roy. Soc. London. Ser. B. 142: 514-524.

**Rinderer, T. E.; W. C. Rothenbuhler & J. M. Kulincevic.**1975. Responses of three genetically different stocks of the honeybee to a virus from bees with hair-less black syndrome. J. Invertebr. Pathol. 25: 297-300.

**Robinson G.E.& Y. Ben-Shahar** 2002 Social behavior and comparative genomics: New genes or new gene regulation? Genes Brain Behav 1:197–203

**Robinson, G.E.** 2002. Development. Sociogenomics takes flight. Science 297: 204–205.

**Rothenbuhler, W. C.** 1960. A technique for studying genetics of colony behavior in honeybees, Am. Bee. J. 100: 176-198.

**Rothenbuhler, W. C.** 1964a. Behaviour genetics of nest cleaning in honey bees.I. Responses of four inbred lines to disease-killed brood. Anim. Behav. 12: 578-583.

**Rothenbubler, W. C.** 1964b. Behaviour genetics of nest cleaning in honey bees.IV. Responses of F1 and backcross generations to disease killed brood. Am. Zool. 4: 111-123.

**Rothenbuhler, W. C.** 1967. Genetic and evolutionary considerations of social behavior of honeybees and some related insects. In Behavior-Genetic analysis. J. Hirsch, pp. 61-111. New York: McGraw-Hill.

**Rothenbuhler, W. C.; J. M. Kulincevic & W. E. Kerr.** 1968. Bee genetics. Ann. Rev. Genet. 2: 413-438.

**Rothenbuhler, W. C. & V. C. Thompson.** 1956. Resistance to American foulbrood in honey bees. I. Differential survival of larvae of different genetic lines. J. Econ. Entomol. 49: 470-475.

**Seeley, T. D.; R. H. Seeley & P. Akratanakul.** 1982. Colony defense strategies of the honey bees in Thailand. Ecol. Monogr. 52: 43–63.

**Sen Sarma, M.; S. Fuchs; C. Werber & R. Tautz.** 2002. Worker piping triggers hissing for coordinated colony defence in the dwarf honeybee *Apis florea*. Zoologia. 105: 215–223.

**Shah, F. A. & T. A. Shah.** 1991. *Vespa velutina*, a serious pest of honey bees in Kashmir. Bee World. 72: 161–164.

**Shearer, D. A. & R.Boch.** 1965. 2-Heptanone in the mandibular gland secretion of the honeybee. Nature. 206: 530.

**Simpson, J.** 1966. Repellency of the mandibular gland scent of worker honey bees. Nature. 209: 531.

**Spangler, H. G. & S. Taber.** 1970. Defensive behavior of honeybees towards ants. Psyche. 77: 184–189.

**Spivak, M. & D. L. Downey.** 1998. Field assays for hygienic behavior in honey bees (Hymenoptera: Apidae). J. Econ. Entomol. 91: 64–70.

**Stabentheiner, A.; H. Kovac & S. Schmaranzer.** 2002. Honeybee nestmate recognition: the thermal behaviour of guards and their examinees. J. Exp. Biol. 205: 2637–2642.

**Stern, D.L.** 2000 Evolutionary developmental biology and the problem of variation.Evolution 54:1079–1091

**Stort, A. C.** 1970. Metodologia para o estudo da genética da agressividade de *Apis mellifera*. pp. 36-51. Anais do I Congr. Bras. Apic.

**Stort, A. C.** 1971, Estudo genetico da agressividade de *Apis mellifera* PhD thesis. Araraquara, Brazil: Fac. Fil. Cienc. Letras. 166 pp.

**Stort, A. C.** 1972a. Estudo genético do comprimento total do ferrao de abelhas do gênero Apis. Cienc. Cult. São Paulo 24: 166.

**Stort, A. C.** 1972b. Relações entre caracteres do comportamento agressivo e caracteres morfológicos de abelhas do género *Apis, In* Hoinenagein, ed. C. C. Landim, N. Hebling, E. Lello, C,Takahashi, pp. 275-83. Rio Claro, Brazil: W. E. Kerr.

**Stort, A. C.** 1974a. Coloração dos segmentos abdominais de *Apis mellifera*. Cienc. Cult. São Paulo 26:216.

**Stort, A. C.** 1974b. Genetic study of the aggressiveness of two subspecies of *Apis mellifera* in Brazil. 1. Some tests to measure aggressiveness. J. Apic. Res. 13: 33-38.

**Stort, A. C.** 1975a. Estruturas sensoriais e comportamento agressivo em abelhas do gênero, *Asia*, pp. 93-95, Anais do 3º. Congr, Bras. Apic.

**Stort, A. C.** 1975b. Genetic study of the aggressiveness of two subspecies of *Apis mellifera* in Brazil. 11. Time at which the first sting reached the leather ball. J. Apic. Res. 14: 111-175.

**Stort, A. C.** 1975c. Genetic study of the aggressiveness of two subspecies of *Apis mellifera* in Brazil. IV. Number of stings in the gloves of the observer. Behav. Genet. 5: 269-274.

**Stort, A. C.** 1976. Genetic study of the aggressiveness of two subspecies of *Apis mellifera* in Brazil. III, Time taken for the colony to become aggressive. Cienc. Cult. São Paulo. 28: 1182-1185.

**Stort, A. C. & M. Adorni.** 1972. Estruturas olfativas de *Apis mellifera*. Cienc. Cult. São Paulo. 24: 166-167.

**Stort, A. C.& J. Chaud-Netto.** 1978. Study of the size of sting and comparison with the aggressive behavior in Africanized and Italian bees. Cienc. Cult. São Paulo. 30: 372-375.

**Thompson, V. C.** 1964. Behavior genetics of nest cleaning in honeybees. III. Effect of age of bees of a resistant line on their response to disease killed brood. J. Apic. Res. 3: 25-30.

**Trump, R. F.; V. C.Thompson & W. C.Rothenbuhler.** 1967. Behavior genetics of nest cleaning in honeybees. V. Effect of previous experience and composition of mixed colonies on response to disease-killed brood. J. Apic. Res. 6: 127-131.

**Waddington, K D. & W. C. Rothenbuhler.** 1976. Behaviour associated with hairless-black syndrome of adult honeybees. J. Apic. Res. 15:35-41.

**Warnke, U.** 1976. Effects of electric charges on honeybees. Bee World 57: 50-56.

**Weaver, N.** 1956. The foraging behavior of honeybees on hairy vetch. Insectes Soc. 3: 537-349.

**Weaver, N.** 1957. The foraging behavior of honeybees on hairy vetch Insectes Soc. 4: 43-57.

**West-Eberhard, M.J.** 2003 Developmental Plasticity and Evolution (Oxford Univ Press,New York).

**West-Eberhard, M.J.** 2005 Developmental plasticity and the origin of species differences.Proc Natl Acad Sci USA 102(Suppl 1):6543–6549.

**Woyke, J.** 1963. Drone larvae from fertilized eggs of the honeybee. J. Apic. Res. 2: 19-24.

**Von Frisch, K.** 1967. The Dance Language and Orientation of Bees. Cambridge, Mass.: Harvard Univ. Press.

**Von Frisch, K. & M. Lindauer**. 1954. Himmel und Erde in Konkurrenz bei der Orientierung der Bienen. Naturwissenschaften. 41: 245-253.

*Arnaldoa* 19(1): 125 - 129, 2012 ISSN: 1815 - 8242

# Obituario: Dr. Abundio Sagástegui Alva (1932 – 2012)

***Isidoro Sánchez Vega***
Herbario CPUN, Universidad Nacional de Cajamarca, Av. Atahualpa 1050, Cajamarca, PERÚ.
*svisidoro@yahoo.com*

***Eric F. Rodríguez Rodríguez***
Herbarium Truxillense (HUT), Universidad Nacional de Trujillo. Jr. San Martín 392. Trujillo, PERÚ.
*efrr@unitru.edu.pe*

***Mario Zapata Cruz***
Museo de Historia Natural, Universidad Privada Antenor Orrego, Av. América Sur 3145.
Casilla Postal 1075. Trujillo, PERÚ. *mzapatac@upao.edu.pe*

El Prof. Dr. Abundio Sagástegui Alva, a través de su existencia ha acuñado singulares ejemplos de vida: como ciudadano y miembro de su comunidad más inmediata; como profesional, docente universitario, formador de discípulos y, principalmente como un asiduo explorador de la flora del territorio peruano e investigador nato por excelencia. Estas características sui géneris de nuestro personaje, bien deben tomarse como paradigma para las generaciones siguientes.

Guzmango, perteneciente a la provincia Contumazá, departamento Cajamarca, fue el lugar donde nació, emergiendo de un hogar humilde y con precariedad económica, un 11 de Julio de 1932. Sus estudios primarios los realizó en el C.E.108 de su tierra natal. Al finalizar éstos obtuvo sus primeros logros obteniendo el primer puesto en su promoción, hecho que le valió para ser becado y realizar sus estudios secundarios en el Colegio Nacional San Ramón de Cajamarca. En esta reconocida Institución educativa, situada en una ciudad con diferentes condiciones socioculturales y dentro de una fuerte y mayor competencia, vuelve a demostrar sus cualidades de excelente estudiante, obteniendo el premio de excelencia de su promoción.

Su vocación por alcanzar un nivel intelectual

superior, lo lleva a ingresar a la Universidad Nacional de Trujillo (UNT), en donde se graduó como Profesor de Educación Secundaria en Ciencias Biológicas (1953). Probablemente, después de descubrir su pasión por alcanzar mayores conocimientos sobre la Biología Vegetal, decide estudiar Biología pura, obteniendo el grado de Bachiller en Ciencias Biológicas (1958) y el titulo de Biólogo (1969). Siguiendo el deseo latente de superación académica, obtiene el grado de Doctor en Ciencias Biológicas en su Alma Mater (1976).

Su desempeño profesional lo inicia en 1954, como docente en el Centro Escolar de Varones 251 de la provincia de Otuzco, La Libertad. Su carrera administrativa, docente y de investigación la desarrolla en la Universidad Nacional de Trujillo. Esta la inicia en la Facultad de Ciencias Biológicas como Organizador del Herbario de la UNT (1956-1964) y Jefe del Museo de Botánica (1960-1988). Su carrera docente universitaria comienza con el cargo de Jefe de Prácticas en las cátedras de Fitogeografía General y del Perú y, en la de Ecología Vegetal (1957-1962). Con las actitudes afectivas que le otorgaron su formación docente y la experiencia alcanzada en morfología de plantas con flores como biólogo puro, asume la responsabilidad de dirigir las cátedras de Botánica Fanerogámica y Fitogeografía, primero en su condición de Auxiliar (1963-1969), alcanzando después las posiciones de Asociado (1969-1974) y de Principal (1974-1988). La carrera docente desarrollada por el Dr. Sagástegui fue brillante, tanto por sus magistrales clases que condujeron a una formación sólida de sus discípulos, como por sus frecuentes investigaciones y publicaciones sobre la flora peruana y aún, de algunos países sudamericanos. La conspicua producción científica de nuestro maestro estuvo sustentada en las bien organizadas exploraciones botánicas a las tres regiones naturales de nuestro país, aunque él priorizó sus exploraciones al Norte del Perú y a su provincia natal, Contumazá.

La biografía del Dr. Sagástegui es paralela al desarrollo del Herbarium Truxillense (HUT), del cual fue primer curador (Lanjouw & Stafeu, 1964). El mencionado herbario fué fundado (1941) por el Dr. Nicolás Angulo Espino (1888-1969), quien conjuntamente con el Dr. Arnaldo López Miranda (1922-2010) constituyen los pioneros de la ciencia botánica en el norte del Perú y formadores de discípulos botánicos, entre los cuales figura el Dr. Abundio (Rodríguez, 2010). El accionar del Dr. Sagástegui en el HUT, como curador y Director en varias oportunidades, fue constituirlo en una institución de prestigio nacional e internacional debido al rápido incremento de las colecciones, el intercambio de especímenes con instituciones extranjeras de América del Norte, Sudamérica y con herbarios del país.

Terminada su exitosa carrera docente en la Universidad Nacional de Trujillo, pasa a formar parte de la ahora prestigiosa Universidad Privada Antenor Orrego (UPAO), de la ciudad de Trujillo. En esta nueva Institución llegó a ser Vicepresidente Académico de la Comisión Organizadora (1988-1995) y docente principal (1991-2005) de las cátedras de su especialidad. Su dedicación exclusiva a la docencia e investigación en esta naciente Institución lo llevó a justificar la creación del Museo de Historia Natural, como un ambiente optimo para realizar sus actividades científicas. Su condición de Director del Museo de Historia Natural, dentro del cual se organizó Herbario HAO (1995 – 2005) y con el objeto de publicar sus investigaciones y las de otros investigadores nacionales y extranjeros, crea la Revista Arnaldoa (1995-2005), asumiendo la responsabilidad de Director.

En el año 2006 retorna a su Alma Mater, donde por su prestigiada trayectoria como investigador es nombrado Profesor Emérito Vitalicio y, en el año 2008, Profesor Investigador ad Honorem de la Facultad de Ciencias Biológicas. Su retorno al Herbarium Truxillense (HUT), hasta los últimos días de su vida, fue para desarrollar investigaciones relativas a algunas especies consideradas como nuevas para la ciencia. En esta oportunidad, conjuntamente con el segundo autor, culmina y publica investigaciones sobre las especies *Ophryosporus marchii* Sagást. & E. Rodriguez, *Pentacalia vallejiana* Sagást. & E. Rodriguez, *Axinaea wurdackii* Sagást., S. Arroyo & E. Rodriguez y *Salvia vargas-llosae* Sagást. & E. Rodriguez.

El 26 de mayo del 2012, tras un inesperado y nefasto accidente automovilístico en la ciudad de Trujillo, nuestro connotado científico peruano se aleja de la vida terrenal, causando profundo pesar para sus familiares y la comunidad científica botánica nacional e internacional.

Rodríguez & León (2012), y Sánchez Vega (1986) mencionan que el Dr. Sagastegui desde su posición como administrativo en el Herbario HUT recibió y asimiló la orientación de los recordados catedráticos Dr. Nicolás Angulo Espino y Dr. Arnaldo López Miranda, quienes ya desarrollaban labores de investigación botánica. Igualmente, sus investigaciones en el Museo de la Universidad de La Plata (Argentina), asesorado por el distinguido Dr. Ángel Lulio Cabrera (LP), le sirvieron para acrecentar su vocación por la ciencia botánica y mantener una activa relación de intercambio científico. En ambos casos nuestro homenajeado maestro siempre ha expresado su gratitud eterna para ellos.

La producción científica del Dr. Sagástegui consistente en más de 100 artículos científicos, publicados en revistas nacionales e internacionales y varios libros. Inicia este proficuo trabajo en el año 1957, publicando "Estudio Ecológico de la Flora de los Alrededores de Trujillo". Durante los años 1959 a 1960, se interesó por investigar las Cyperaceae peruanas y de la región norte del país, bajo el asesoramiento del eminente botánico argentino, Dr. Manuel Barros. Los resultados concluyeron con la publicación de los artículos: "Ciperáceas nuevas para el Perú" y "Ciperáceas de la Provincia de Trujillo". (Rodríguez & León, 2012).

Durante los años 1964 a 1968, mostró interés por los helechos peruanos, haciendo numerosas colecciones de éstos y enviando duplicados, para su determinación, a los doctores Rolla M. Tryon y Alice F. Tryon, ambos de la Universidad de Harvard (USA). Igualmente los resultados fueron la publicación de "Notas sobre Helechos Nor Peruanos I", "Notas sobre Helechos Nor Peruanos II". (Rodríguez & León, 2012).

Su exploración con el Dr. Arnaldo López Miranda (1964) a la cuenca del río Marañón entre Huaylillas – Tayabamba, provincia de Pataz, departamento de La Libertad, les permite colectar especímenes de un género que ya el Dr. Cabrera (1962) había designado con el nombre de *Arnaldoa*, en honor a nuestro maestro Arnaldo López Miranda (Stuessy & Sagástegui, 1993). Con estos especímenes publican el epíteto *Arnaldoa peruviana* (1964) como una especie nueva para el Perú (López & Sagástegui, 1964; Rodríguez, 2010, Stuessy & Sagástegui, 1993). Esta especie, ahora es sinónimo de *A. weberbaueri* (Muschler in Urban) Ferreyra (Brako & Zarucchi, 1993). Consideramos que esta publicación fue el inicio de su fructífera labor en taxonomía de las Asteraceae del Perú, publicando desde 1969, numerosos artículos sobre especies nuevas de los géneros *Verbesina, Coreopsis, Belloa, Chersodoma, Chrysactinium, Critoniopsis, Dasyphyllum, Gynoxys, Jalcophila, Llerasia, Onoseris, Ophryosporus, Pentacalia*. Su contribución también alcanza a la concepetualización y descripción de nuevos géneros para la ciencia, tales como *Caxamarca, Jalcophila, Parachionolaena* y *Pseudoligandra*.

Las numerosas y sucesivas exploraciones realizadas por campos de cultivos, lomas y bosques del desierto costero; bosques secos y montanos, jalcas y punas y, la magestuosa selva alta, le permitieron colectar cerca de 18,000 especímenes botánicos, los mismos que fueron depositados en herbarios nacionales como HUT, HAO, CPUN y USM y extranjeros como F, LP, MO, NY, US. Su numerosa y diversa colección botánica ha sido estudiada por investigadores de los herbarios mencionados, habiéndose reconocido de ella 97 especies nuevas para la ciencia y 32 taxones dedicados a su persona como reconocimiento a su trayectoria científica.

El enfoque de sus investigaciones, además estuvieron referidas al conocimiento de ecosistemas naturales y antrópicos, razón por la cual en su extensa producción y con fines de conservación de bosques montanos relictos del norte peruano, publica trabajos como "Inventario preliminar de la flora del Bosque Monteseco", "Inventario preliminar de la flora del Bosque Cachil", "Fitoecología del Cerro Campana (Provincia de Trujillo)"; "Manual de malezas de la costa nor-peruana",

"Plantas invasoras de los cultivos de arroz"y "Flora invasora de los cultivos del Perú" (Rodríguez & León, 2012).

Como resultado de su experiencia de campo, conocimiento y delimitación morfológica de géneros y especies de diversas familias de la flora peruana, escribió singulares textos de interés científico universitario como: "Fitogeografía General y del Perú", "Flora y Vegetación de Contumazá", "Diversidad Florística de Contumazá", "Diversidad Florística del Norte de Perú (Tomo I)", "Diversidad Florística del Norte de Perú - Bosques Montanos (Tomo II)", "Nuestra Biodiversidad y más recientemente "Sinopsis de las Asteraceae del Perú" (Rodríguez & León, 2012).

Es evidente que como investigador optó por pertenecer y/o mantener interacciones con instituciones científicas nacionales y extranjeras, así como con los investigadores de éstas. El dinamismo de estas interacciones conllevó a recibir invitaciones para realizar trabajos de investigaciones de estricta calidad científica, dando oportunidad a otros investigadores para considerarlos como coautores de sus publicaciones. Este mismo afán de investigación fué orientado a sus discípulos.

Convencido que cuando se obtenían contribuciones botánicas importantes y nuevos conocimientos, éstos deberían ser publicados inmediatamente y en forma independiente, es así que creó y dirigió dos importantes revistas: Boletín de la Sociedad Botánica de La Libertad, en la UNT (1969) y de la Revista Arnaldoa, del Museo de Historia Natural de la UPAO (1991). El nombre de ésta, tomada en honor a su maestro el Dr. Arnaldo López Miranda, es ahora indexada y arbitrada, constituyéndose en una de las principales publicaciones de la investigación botánica en el Perú y su distribución es a nivel global (Rodríguez, 2010).

Como se ha mencionado líneas arriba, por su numerosa contribución científica que ha influido en el desarrollo de diversas actividades humanas y de instituciones estatales y privadas, el Dr. Sagástegui ha recibido numerosas distinciones honorificas e incorporaciones a prestigiosas instituciones académicas y botánicas:

- Diploma y medalla de oro en reconocimiento a la permanente labor de investigación del Concejo Provincial de Trujillo (1984).
- Palmas Magisteriales en el Grado de Maestro por parte del Ministerio de Educación (1985).
- Investigador Asociado al Field Museum, Chicago, USA, desde 1983.
- Investigador Asociado de Ohio State University, Columbus, USA.
- Profesor Emérito de la UNT (1995).
- Decano del Colegio de Biólogos del Perú (1983-1984 y 1997-1999).
- Científico del Milenio en La Libertad (2000).
- Distinción de Primer Grado del Libertador "Simón Bolívar" otorgada por la UNT (2004).
- Diploma y Medalla de Honor en el Grado de Oficial, otorgada por el Congreso Nacional de la República (2005).
- Premio Nacional de CONCYTEC 2005 (2006).
- Profesor Emérito Vitalicio por la UNT (2006).
- Incorporación como Académico a la Academia Nacional de Ciencias del Perú (2007).
- Distinción del Ministerio del Ambiente, por su contribución al conocimiento de la Biodiversidad de Perú (2008).
- Doctor Honoris Causa y Catedrático Honorario de numerosas universidades peruanas.
- Perteneció a la Sociedad Botánica de La Libertad (Fundador), Sociedad Peruana de Botánica (SPB), Sociedad Argentina de Botánica, Asociación Latinoamericana de Botánica (ALB), American Society of Plant Taxonomic (ASPT), Botanical Society of America (BSA).
- Miembro de la Comisión de la Organización Flora Neotrópica (OFN).

El legado del Noble Maestro investigador en la

Scientia Amabilis, es haber alternado hábilmente sus tareas como docente universitario, explorador del territorio nacional e investigador botánico; dejando magníficas proezas en estas actividades, las cuales perdurarán por siempre para las presentes y futuras generaciones. Al respecto, Lozano (2002) en su libro "Entre las Plantas del Paraiso" dedicado a este notable científico, indica *"Hay hombres que cada día dejan testimonio de su paso por el mundo, son los hombres que aunque mueran siguen vivos en el legado de la cultura de la humanidad , mejor dicho son los hombres que nunca mueren"*. Por todo ello, el Dr. Abundio Sagástegui Alva fue y seguirá siendo un icono de la Botánica nacional

## Literatura citada

**Brako, L. & James L. Zarucchi** 1993. Catálogo de las Angiospermas Gimnospermas del Perú. Monographs in Systematic Botany from The Missouri Botanical Garden, Vol. 45, USA.

**Holmgren, P.; N. H. Holmgren & L. C. Barnett.** 1990. Index Herbariorum. Part I, The Herbaria of the world, 8th edition. New York Botanical Garden. New York, NY, U.S.A.

**Lanjouw, J. & F.A. Stafleu.** 1964. Index Herbariorum. The Herbaria of the World.Part 1. RegnumVegetabile. 31:187-188.

**López, A. & A. Sagástegui.** 1964. Una nueva especie del género *Arnaldoa*. Rev. Fac. Ciencias Biológicas Univ. Nacional Trujillo 1(1): 12-16.

**Lozano, A. S.** 2002. Entre las Plantas del Paraíso. Abundio Sagástegui, Científico del Milenio en La Libertad. Universidad UPAO e INMETRA, Trujillo, Perú

**Rodríguez, E.** 2010. Dr. Arnaldo López Miranda (26 de junio de 1922 - 7 de mayo de 2010). Arnaldoa 17(1): 147-153.

**Rodríguez, E. & B. León.** 2012. A la memoria del doctor Abundio Sagástegui Alva (1932 – 2012). Rev. peru. biol. 19(2): 127-134 (Agosto 2012).

**Sánchez I.**1986. Tras los Pasos de Raimondi. Dominical, Suplemento de La Industria, Trujillo.

**Stuessy, T. F. & A. Sagástegui** 1993. Revisión de *Arnaldoa* (Compositae, Barnadesioideae), Género endémico del Norte del Perú. Arnaldoa Vol. I, N°4. Universidad Antenor Orrego, Trujillo, Perú.

## PERFIL EDITORIAL

***Arnaldoa*** es una publicación abierta a trabajos científicos originales y revisiones de botánica pura o aplicada en sus diversas áreas: Sistemática y taxonomía de plantas avasculares y vasculares, morfología, citología y genética, corología y ecología, etnobotánica, biología reproductiva, estructura y desarrollo, microbiología y parasitología, ficología, micología, zoología. Así mismo, se consideran trabajos en antropología, arqueología, geología y Misceláneas que incluyan obituarios de personalidades botánicas importantes, avances, notas científicas o noticias pertenecientes al museo de Historia Natural, entre otros.

**La edición de los artículos se efectuará en 4 etapas:**

1) evaluación de la calidad y presentación del manuscrito original a cargo del Comité Editorial Principal; los artículos que no se ajusten a las normas editoriales serán devueltos antes de evaluar su contenido.
2) evaluación del fondo o contenido del manuscrito a cargo de 2 árbitros anónimos no pertenecientes al equipo editorial; posteriormente, se informará al autor el resultado de la evaluación (aceptación, correcciones a introducir en el texto o su rechazo)
3) evaluación de la forma o corrección de estilos a cargo del comité de editores principales y asociados
4) revisión de las pruebas de imprenta a cargo del autor y comité editorial). Se recomienda a los autores poner énfasis en la redacción, sintaxis, ortografía, citas y referencias bibliográficas, nombre científicos y abreviaturas de los autores.

La extensión será de hasta 20 páginas impresas, incluidas figuras y tablas; la dirección de la revista considerará posibles excepciones.

## PAUTAS DE ESTILO

### 1. Instrucciones generales

- Los manuscritos podrán ser escritos en lengua castellana, portuguesa o inglesa (consultar al comité sobre otras posibilidades) en letra Times New Roman a 12 puntos, doble espacio, con márgenes de 2,5 cm, en una sola cara de la hoja tamaño A4. Numerar páginas e ilustraciones.

-Se enviarán tres copias impresas de los originales a la redacción de la revista. En esta instancia, se incluirán sólo buenas copias de las ilustraciones (no los originales). Una vez aceptado el trabajo, debe ser enviado en un Cd.

-En la medida que sea posible, se ordenará el trabajo en: Introducción, Material y Métodos, Resultados, Discusión, Agradecimientos, Literatura citada.

### 2.Estilo

- Se alineará el texto a la izquierda, sin sangrías, centrados o justificados, evitando subrayados, cursivas, (excepto para los nombres científicos) y, en lo posible, llamadas a pie de página.
- Las palabras deberán ir separadas por un solo espacio.
- En caso de que hubiera tablas o cuadros, comenzarlos en páginas separada, con un corte de página. Se citarán las figuras y tablas en el texto (Fig.1).
- Los patronímicos (en autores, referencias bibliográficas, siglas, material estudiado) irán en minúsculas
- Las citas en idiomas extranjeros y nombres vernáculos llevarán comillas.
- Los taxones genéricos e infragenéricos se escribirán en cursiva; las siglas serán citadas solamente la primera vez que se las menciona.

### 3.Primera página

- El título deberá ser breve y conciso, escrito con minúsculas y sin punto final. Si corresponde, entre paréntesis se incluirá el nombre de la Familia o División. Se sugerirá un título abreviado para la cabecita o titulillo
- Se citará a continuación el o los autores e, inmediatamente por debajo, se indicará lugar de trabajo, dirección postal y electrónica.
- Se acompañará un resumen en castellano y otro en inglés (abstract), que no superen las 250 palabras, escritas en un párrafo independiente. Tanto el resumen y el abstract consisten en un único párrafo (sin puntos aparte). En ambos resúmenes se añadirán hasta 10 palabras claves complementarias del título.

### 4. Abreviaturas

- Los autores de los taxones deben ser abreviados de acuerdo con "Authors of Plant Names" (Brummit & Powell, 1992) o en la web:

http://cms.huh.harvard.edu/databases/botanist_index.html

- Los libros se abrevian de acuerdo con "Taxonomic Literature", 2da Edición, las publicaciones periódicas según B-P-H ("Botanico-Periodicum - Huntianum", 1969) y P-P-H/S ("Botanico-Peridicum-Huntianum/ Suplementum", 1991), ambas en la web:

http://cms.huh.harvard.edu/databases/publication_index.html

- Los herbarios se abrevian según "Index Herbariorum" (Holmgren *et al.*, 1990), 8va edición o en la web:

http://207.156.243.8/emu/ih/index.php y debe estar ordenados alfabéticamente.

- Las unidades de medida, los acrónimos y los puntos cardinales no llevarán punto.

## 5. Tratamientos taxonómicos

5.1. Las claves serán dicotómicas.

5.2. Descripción de especies nuevas:

Previa a la descripción, se colocará el nombre, en negrita y cursiva, seguido por el nombre o sigla del autor; a continuación se indicará el tipo de novedad que se propone (sp. nov., comb. nov., entre otras). Al final se deberá hacer referencia a la ilustración, si existiera (ver ejemplo). Luego, se comenzará indicando el material tipo, y entre paréntesis la sigla (o siglas) del herbario (s) donde se halla (n) depositado (s).

Ejemplo:

***Larnax macrocalyx*** S. Leiva, E. Rodr. & Campos sp.nov. (Fig. 2)

TIPO: PERÚ. **Dpto. Cajamarca**. Prov. San Ignacio: Distrito Tabaconas, caserío La Bermeja, bosque de neblina La Bermeja, La Bermeja - Huaquillo, 1700-1940 m, 20-XI-1997, *E. Rodríguez & R. Cruz 2052* (Holótipo: HUT; Isótipos: AMAZ, CONN, CORD, F, HAO, HUT, M, MO, MOL, NY, USM).

A continuación, se comenzará en párrafo aparte, la diagnosis latina en cursiva o en idioma inglés.

En párrafo aparte, se escribirá la descripción detallada en idioma vernáculo, seguido en párrafos aparte: nombre vulgar, especimenes adicionales examinados, comparación con las especies afines, distribución y ecología, fenología, etimología, usos.

Nota: Los taxones nuevos para la ciencia deben estar ilustrados, sobre todo en lo que respecta a sus caracteres diagnósticos y en lo posible un mapa de distribución y claves taxonómicas.

*5.3. Especies ya descritas:*

Se consignará el nombre de la especie (en negrita y cursiva) seguido por el nombre o sigla del autor(es) y la cita bibliográfica; a continuación se colocará el basiónimo si correspondiera. Seguirán inmediatamente los datos del material TIPO, empleando signos de admiración si el material fue visto o revisado (Ej. NY !). Luego se citará la figura (Fig.). En párrafo aparte se indicarán los sinónimos. Ejemplo:

*Nasa carunculata* (Urb. & Gilg) Weigend, comb. nov., Arnaldoa 5(2), 1998. Basiónimo: *Loasa carunculata* Urb. & Gilg, Nova Acta Caes. Leop. Carol. German. Nat. Cur. 76: 243-1900.

TIPO: PERU: [Prov. Desconocida] Lobb 358 (Holótipo: K!, fotografía F!, neg. nr. 495).

= *Loasa vestita* Killip, Journ. Wash. Acad. Science 19: 194, 1929. TIPO: PERU. **Dpto. Ayacucho**, Prov. Huanta, al Norte de Huanta, cerca de Huayllay, 3500-3600 m, *Weberbauer 7591* (Holótipo: US!; Isótipos: K!, F!, NY!, BM! S!, MO!).

En párrafo aparte, se escribirá la descripción detallada en idioma vernáculo, seguido en párrafos aparte: nombre vulgar,

## 6. Especímenes adicionales examinados

- Si el material examinado es abundante, se citaran solamente los ejemplares más representativos o relevantes (por su fenología, distribución, entre otros) en el texto.

- En el texto, los especimenes se citarán luego de la descripción, de acuerdo al siguiente orden: PAÍS (en mayúsculas). Departamento/ Estado (Dpto./Edo. en negrita), Provincia, localidad, altitud (m), fecha (el mes en números romanos: 10 - XII - 2013), colector y número de colección (en cursiva). Seguidamente se indicará entre paréntesis la sigla del o de los herbarios donde se hallan los ejemplares. Finalmente y entre comillas se anotaran las observaciones del colector. Se separarán los ejemplares contiguos mediante punto y guión. Las grandes unidades geográficas tales como continentes o subcontinentes serán separadas; dentro de ellas, los países se ordenarán de norte a sur y de oeste a este, constituyendo cada uno un párrafo independiente.

- Los Estados, Departamentos y Provincias de un mismo país se ordenarán alfabéticamente y se agruparán en párrafos. Ejemplo:

PERÚ. **Dpto. Amazonas**, Prov. Chachapoyas: Leymebamba, alrededores de Laguna de los Cóndores, 2500-2700 m, 16-VIII-1998, *V. Quipuscoa et al. 1241* "abundante", (CONN, CORD, F, HAO, HUT, MO).

## 7. Literatura citada

- Se incluirán sólo las publicaciones de los trabajos mencionados en el texto.

- Los autores se escribirán en negrita y se ordenarán alfabéticamente; si existieran varios trabajos del mismo autor, se citarán en orden cronológico, adjuntando las letras a, b, c, cuando corresponda.

- Si el número de autores es mayor de dos, agregar *et al.* al primero de ellos cuando sean citados en el texto; sin embargo, todos los autores deberán figurar en la bibliografía general.

- Las citas en el texto se efectuarán según los siguientes modelos: Weigend (1998); según Weigend (1998); Weigend (1998:162); (Weigend, 1998); Weigend (1998, 2002); Weigend & Rodríguez (2002); Weigend & Rodríguez (2002: 07); (Weigend & Rodríguez, 2002); Weigend *et al.*, 1998; (Weigend *et al.*, 1998) cuando son 3 o más autores. (Holmgren, Holmgren & Bornett, 1990).

Ejemplos:

**D'Arcy, W. G**. 1986. The genera of solanaceae and their types. Solanaceae Newsletter 2(4): 10-33.

**Hunziker, A. T.** 1979. Estudio sobre Solanaceae: A synoptic survey, pages: 49-85. *in* J. C. Hawkes, R. L. Lester & A. D. Skelding, editors. Solanaceae Biology and Taxonomy Academic London Press. London.

**Mione, T. & F. G. Coe.** 1992. Two new combina-tions in peruvian *Jaltomata* (Solanaceae). Novon 2: 383-384.

**Weigend, M. & E. Rodriguez.** 1998. Una nueva especie de *Mentzelia* (Loasaceae) procedente del Valle Marañón en el Norte del Perú. Arnaldoa 5(1): 51-56.

## 8. Ilustraciones

- Las fotografías, dibujos, mapas, gráficos, entre otros, individuales o agrupados se tratarán como figuras (abreviatura: Fig.).

- Irán en negrita y se enumerarán consecutivamente con números arábigos, siguiendo el orden con que aparecen en el texto. Cada uno de los elementos será identificado con letras mayúsculas de izquierda a derecha y de arriba hacia abajo; seleccionar el tamaño de las letras de modo que, reducidas al formato (caja) de la revista, midan 3mm.

- Las dimensiones se indicarán mediante escalas; se recomienda que todas las escalas de una ilustración se ubiquen en la misma posición preferentemente a la derecha (vertical u horizontal).

- Todas las ilustraciones deben ser de calidad; las fotografías deben ser a color o en blanco y negro, en papel liso (brillante) o digitalizados en alta resolución (mayor a 300 dpi o ppp, archivos TIF o JPG), y buen contraste; si varias fotografías componen una figura, se las separará mediante un filete blanco que, reducido al tamaño de la caja, no supere de 1mm de ancho.

- Presentar dibujos y mapas en tinta china o impresos en láser; los mapas tendrán el norte (N) hacia arriba, con al menos dos marcas de latitud y de longitud y una escala en kilómetros. Se recomienda especialmente para trabajos anatómicos y morfológicos evitar repetir dibujos de cortes con micrografías; sólo en casos conflictivos podrá existir esta doble documentación. Así mismo, los esquemas diagramáticos deberán respetar estrictamente el plano del corte.

- No se deberá reunir en una misma figura fotografías y dibujos.

- El tamaño máximo de las ilustraciones (incluidas las leyendas) es el del formato del texto (caja), o sea 20cm, (alto) x 14cm (ancho); de ser mayores, para reducirlas, se deberá respetar la misma proporción.

- También se aceptan medias láminas transversales y/o verticales, las que deberán respetar el ancho del formato (caja). Indicar las medidas mediante escalas.

- Las leyendas de las ilustraciones se anotarán en hoja aparte, indicando el nombre del material ilustrado y su número de referencia.

- Las figuras deberán ser montadas sobre cartón (apenas adheridas, para que puedan despegarse) y protegidas con papel transparente; en el dorso del soporte deberán anotarse el número de la figura, el nombre del autor y el título abreviado del trabajo.

- Las ilustraciones originales deberán ser enviadas junto con la versión definitiva del manuscrito.

Énfasis en las tablas, cuadros, los mismos que debe ser realizados en Excel o afines.

## 9. Separados

Cada autor recibirá el pdf; además, podrá solicitar a su cargo un número adicional, en el formulario impreso que se le hará llegar junto con la aceptación del trabajo.

Dirigir correspondencia a:

Director
Revista ***ARNALDOA***
Museo de Historia Natural
Universidad Privada Antenor Orrego
Casilla Postal 1075
Av. América Sur N° 3145
Urb. Monserrate, Trujillo PERÚ
Telf. +51(044) /604432
email: museo@upao.edu.pe

La Revista ***ARNALDOA*** correspondiente al primer semestre del año 2012, se terminó de imprimir el mes de Diciembre del 2012 en los talleres gráficos de Inversiones Gráfica G & M. S.A.C., Calle San Martín 672-674, Trujillo Perú. Teléfono 044-223347

littonseo4@hotmail.com

Missouri Botanical Garden Library
3 1753 00403 8029

105 El comportamiento de las abejas *Apis mellifera /The behavior of bees Apis mellifera*
*ROBERTO RODRÍGUEZ RODRÍGUEZ*

125 Obituario: Dr. Abundio Sagástegui Alva (1932 - 2012)
*ISIDORO SANCHEZ VEGA, ERIC F. RODRIGUEZ RODRIGUEZ & MARIO ZAPATA CRUZ*

Revista del Museo de Historia Natural

# ARNALDOA

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO

Volumen 19 (1)

Enero - Junio 2012

## Contenido / Contents

Pág.

ARTÍCULOS ORIGINALES

07 Comunidades algales y estrategias de *Tetraselmis contracta* (Prasinophyceae) en humedales costeros del norte y centro del territorio peruano / *Algal communities and strategies of Tetraselmis contracta (Prasinophyceae) from north and central coastal wetlands at Peruvian land*

*HAYDEE MONTOYA T., CECILIA BARBERENA L., JOSÉ GÓMEZ C. & MAURO MARIANO L.*

23 *Axinaea ninakuroyum* (Melastomataceae) – a new species form the northern Peruvian Marianeae hotspot / *Axinaea ninakuroyum (Melastomataceae) – una nueva especie del hotspot de Marianeae norperuano.*

*RAINER W. BUSSMANN & NAREL Y. PANIAGUA Z.*

29 Relación del movimiento nástico foliar con la anatomía vegetativa de *Phyllanthus niruri* (phyllanthaceae) / *Relation to nastic foliar movement with vegetative anatomy in Phyllanthus niruri (Phyllanthaceae)*

*MARIAM HAMID, ADRIANA PÉREZ, NILDA DOTTORI & MARÍA TERESA COSA*

37 *Nuevas adiciones a la flora del Perú. VI / New additions to the flora of Perú. VI*

*ELIANA LINARES PEREA, JOSÉ CAMPOS DE LA CRUZ & ANTONIO GALÁN DE MERA*

47 Estructura y floristica en cuatro tipos de bosque estacionalmente seco de Tumbes, Perú / *Structure and floristic in four types of seasonally dry forest of Tumbes, Peru*

*REYNALDO LINARES-PALOMINO, LENNY GARCÍA-NARANJO, EDUARDO CORTEZ, JANO DE RUTTE, MARISELA DEL CARMEN IRONZON-RAMOS & GERALD FINEDO-ALONSO*

57 Palynological morphology of Valerianaceae and Nymphaeaceae in Jordan / *Morfología palinológica de las Valerianaceae y Nymphaceae en Jordania*

*SALEH A. AL-QURAN*

65 Variación del contenido de peroxidasas solubles en plantas de *Medicago sativa* L. "alfalfa" sometidas a diferentes concentraciones de plomo / *Variation of the content of soluble peroxidases in Medicago sativa L. "alfalfa" subjected to different concentrations of lead*

*IRENE CONSUELO JULCA CHÁVEZ, JOSÉ LUIS CASTILLO ZAVALA, JORGE ELÍAS CASTRO SILUPÚ, MERCEDES ELIZABETH CHAMAN MEDINA*

73 Catálogo morfológico de otolitos (sagita) de peces marinos comerciales, Trujillo – Perú / *Morphological Catalog of otoliths (sagittal) of commercial marine fish, Trujillo - Peru*

*ALINA ZAFRA TRELLES, MOISÉS DÍAZ BARBOZA & FÉLIX DÁVILA GIL*

*Continúa En El Interior De La Cubierta / Continued On Inside Back Cover*

QK1
.A673

Revista del Museo de Historia Natural

# ARNALDOA

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO

ISSN : 1815-8242
TRUJILLO
REPÚBLICA DEL PERÚ

19(2)
Julio - Diciembre
2012

**ARNALDOA**
Volumen 19, Número 2
Julio - Diciembre 2012

ISSN 1815-8242

ARNALDOA es una publicación de la Universidad Privada Antenor Orrego de Trujillo, Perú, editada semestralmente por el Museo de Historia Natural. Es norma de la revista que los artículos que se publican sean juzgados previamente por árbitros que dictaminen sobre sus merecimientos.

ARNALDOA acepta manuscritos originales e inéditos en idioma español o inglés, que deben seguir los lineamientos establecidos en las Instrucciones a los Autores, que aparecen al final de cada volúmen. Se envía en canje con publicaciones similares en botánica, sistemática y evolución, ecología, diversidad biológica, o temas afines a la historia natural.

La Revista ARNALDOA se reserva todos los derechos legales de reproducción de su contenido.

ARNALDOA se encuentra indizada en LATINDEX (Sistema Regional de Información en Línea para Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal); SciELO (Scientific Electronic Library Online) y PERIODICA (Indice de Revistas Latinoamericanas en Ciencias), BHL (Biodiversity Heritage Library).

Las opiniones expresadas por los autores son de su exclusiva responsabilidad y no reflejan necesariamente los criterios del Comité Editorial de ARNALDOA

Toda correspondencia relacionada a la **Revista ARNALDOA** deberá ser dirigida a:

**Revista ARNALDOA**
**Museo de Historia Natural**
**Universidad Privada Antenor Orrego**
**Casilla Postal 1075**
**Trujillo - PERÚ Telef: (+051) 044 - 604462**
**museo@upao.edu.pe**

Carátula: Fotografía de *Arnaldoa weberbaueri* (Asteraceae)
Foto: M. O.Dillon ©
Diagramación e impresión: Inversiones Gráfica G y M SAC

Revista del Museo de Historia Natural

# ARNALDOA

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO

El Museo de Historia Natural, es la unidad que conserva, educa, investiga y difunde los conocimientos que generan sus colecciones científicas para impulsar la valoración y comprensión de la diversidad biológica y cultural de nuestro país, a favor del desarrollo de la comunidad.

MISSOURI BOTANICAL

FEB 10 2014

GARDEN LIBRARY

ISSN : 1815-8242
TRUJILLO
REPÚBLICA DEL PERÚ

19(2)
Julio - Diciembre
2012

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO

**Dr. Víctor Raúl Lozano Ibáñez**
Rector

**Dr. Luis Antonio Cerna Bazán**
Vicerrector Académico

**Dr. Julio Chang Lam**
Vicerrector de Investigación

**Impreso en Perú**
**Printed in Peru**
**Hecho el Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú: N° 2006-3879**
**Registro de la Propiedad Intelectual**
**© 2012 Universidad Privada Antenor Orrego**

MUSEO DE HISTORIA NATURAL

**Segundo Leiva González**
Director

**Mario Zapata Cruz**
Biólogo

**Guillermo Gayoso Bazán**
Arqueólogo

**Luis Chang Chávez**
Arquitecto

REVISTA ARNALDOA

**Segundo Leiva González**
Director

**Mario Zapata Cruz**
Editor

**Michael O. Dillon**
Editor Asociado

Comité Editorial

***Michael O. Dillon***
Department of Botany, The Field Museum, 1400 South Lake Shore Drive, Chicago, IL. 60605-2496, U.S.A., *dillon@fieldmuseum.org*

***Jorge V. Crisci***
Museo de La Plata, 1900 La Plata, Provincia de Buenos Aires, ARGENTINA.
*jcrisci@netverk.com.ar*

***Gabriel Bernardello***
Instituto Multidisciplinario de Biología Vegetal, (CONICET-Universidad Nacional de Córdoba), Av. Vélez Sarsfield 299 Córdoba (5000), ARGENTINA. *bernarde@imbiv.unc.edu.ar*

***Francisco Squeo***
Departamento de Biología, Universidad de La Serena, casilla 599, La Serena, CHILE.
*fsqueo@userena.cl*

***Inge Schjellerup***
Nationalmuseet, Forsknings-& Formidlingsafdelingen, Etnografisk Samling, Frederiksholms Kanal 12 DK 1220 Copenhagen K, DENMARK. *inge.schjellerup@natmus.dk*

***Lars P. Kvist***
Institute of Biological Sciences, University of Aarhus. Building 340. Munkegade, DK-8000, Aarhus C., DENMARK, *lars.kvist@biology.au.dk*

***Thomas Mione***
Department of Biological Sciences, Central Connecticut State University, 1615 Stanley Street, New Britain, CT 06050-4010, U.S.A. mionet@ccsu.edu

***Blanca León***
Plant Resources Center, University of Texas at Austin, 1 University Station F0404, Austin, TX 78712-0471, U.S.A. *blanca.leon@mail.utexas.edu*

***Alina Freire Fierro***
Missouri Botanical Garden, P.O. Box 299, St. Louis, Missouri 63166, U.S.A. *alina.freire@mobot.org*

***Susana Arrázola Rivero***
Centro de Diversidad y Genética, Facultad de Ciencias y Tecnología, Universidad Mayor de San Simón, casilla de correo 538, Cochabamba, BOLIVIA. *sarrazola@fcyt.umss.edu.bo*

***Maximilian Weigend***
Institut für Biologie Systematische Botanik und Pflanzengeographie, Freie Universität Berlin, 14195, Berlin-GERMANY. *weigend@zedat.fu-berlin.de*

***Anton Hofreiter***
Ludwig-Maximilians-Universität, Department Biologie I, Bereich Biodiversitätsforschung, Abteilung Systematische Botanik, Menzingerstraße 67, D-80638 München, GERMANY. *hofreiter@freenet.de*

***Sandra Knapp***
Department of Botany, The Natural History Museum, Cromwell Road, London, SW7 5BD,UK. *s.knapp@nhm.ac.uk*

***Reynaldo Linares Palomino***
Department of Systematic Botany, Albrecht-von-Haller-Institute for Plant Sciences, University of Göttingen, Untere Karspüle 2, 37073-Göttingen, GERMANY.

***Eric Rodríguez Rodríguez***
Herbarium Truxillense (HUT), Universidad Nacional de Trujillo, Jr. San Martín 392, Trujillo, PERÚ, *efrr@unitru.edu.pe*

***Pedro Lezama Asencio***
Departamento Académico de Ciencias, Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo, PERÚ. *lezama_a@hotmail.com*

***Pablo Chuna Mogollón***
Departamento Académico de Ciencias, Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo, PERÚ. *pchunam@upao.edu.pe*

***José González Cabeza***
Departamento de Ciencias, Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo, PERÚ. *gonzalezbiotec@hotmail.com*

***Víctor Quipuscoa Silvestre***
Herbario HUSA, Universidad Nacional de San Agustín, Av. Daniel A. Carrión s/n, La PampillaArequipa, PERÚ. *vquipuscoas@hotmail.com*

***Hamilton Beltrán Santiago***
Museo de Historia Natural Javier Prado, Av. Arenales 1256, Jesús María, Lima, Apartado 14-0434, Lima 14, PERU. *wilmersantiago@hotmail.com*

***Mario Benavente Palacios***
Museo de Historia Natural Javier Prado, Av. Arenales 1256, Jesús María, Lima, Apartado 14-0434, Lima 14, PERÚ. *mjbenaventep@yahoo.com*

***Eloy López Medina***
Departamento de Fisiologìa Vegetal, Universidad Nacional de Trujillo, Jr. San Martín 392, Trujillo, PERÚ, *elm@unitru.edu.pe*

Revista del Museo de Historia Natural
ARNALDOA
UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO
Volumen 19(2) Julio - Diciembre, 2012

# Contenido / Contents

**Pág.** **ARTÍCULOS ORIGINALES**

133 Floraciones de especies del género *Romeria*: nuevos registros para la flora cianobacterial peruana / *Species waterblooms of the genus* Romeria*: new records for the Peruvian cyanobacterial flora*
*HAYDEE MONTOYA T., JOSÉ GÓMEZ C. & MAURO MARIANO A.*

141 *Vochysia moskovitsiana* (Vochysiaceae), una nueva especie de los bosques Andino-Amazónicos de Perú, Ecuador y Colombia / Vochysia moskovitsiana *(Vochysiaceae), a new species of Andean-Amazonian forests from Peru, Ecuador and Colombia*
*ISAU HUAMANTUPA*

149 *Gentiana sirensis* (Gentianaceae), a new species from Cordillera El Sira, Peru / Gentiana sirensis *(Gentianaceae), nueva especie de la Cordillera El Sira, Perú*
*JAMES S. PRINGLE*

155 Morphology and anatomy of the seedlings of Malvaceae weed species / *Morfología y anatomía de las plántulas de especies dañinas de Malvaceae*
*GRACIELLI DE OLIVEIRA SANTOS, LUIZ ANTONIO DE SOUZA, ADRIANA LENITA MEYER ALBIERO & ISMAR SEBASTIÃO MOSCHETA*

167 Composición florística y estructura de los bosques secos de la Provincia de Loja, Ecuador / *Composition floristic and structure of the dry forests of the Province of Loja, Ecuador*
*ZHOFRE AGUIRRE MENDOZA, YNOCENTE BETANCOURT F. & GRETEL GEADA L.*

177 Inventario Florístico de Huaca de la Luna, Trujillo, Perú / *Floristic inventory of Huaca de la Luna, Trujillo, Peru*
*ERIC F. RODRÍGUEZ RODRÍGUEZ &MARGARITA MORA COSTILLA*

189 Influencia de la salinidad y Nitrato de Sodio en la producción de biomasa en *Tetraselmis* sp (Chlorodendraceae) / *Influence of salinity and sodium nitrate in the production of biomass in* Tetraselmis sp *(Chlorodendraceae)*
*CÉSAR A. GROSSO GAMBOA & ELOY LÓPEZ MEDINA*

195 Efecto del Glifosato a diferentes concentraciones y tiempos de exposición sobre el índice mitótico y de fases en células meristemáticas de ápices radiculares de *Allium cepa* L / *Effect of glyphosate at different concentrations and exposure times on the mitotic index and phase in meristematic cells of root tips of* Allium cepa *L*

*JOSÉ L. CASTILLO ZAVALA, IRENE C. JULCA CHÁVEZ, JOSÉ M. CASTILLO ZAVALA, JORGE E. CASTRO SILUPÚ & JOSÉ A. SALDAÑA JIMÉNEZ.*

203 Análisis de los granos de polen de plantas melíferas de los alrededores de Trujillo, Perú / *Analysis of pollen grains of honey plants around Trujillo, Peru*

*ALEJANDRO FERNÁNDEZ HONORES & ERIC F. RODRÍGUEZ RODRÍGUEZ*

211 Composición florística, diversidad y estructura de los Bosques sobre arena blanca de la Reserva Nacional Allpahuayo-Mishana, Loreto - Perú / *Floristic composition, diversity and structure of white sand forest from the Allpahuayo-Mishana National Reserve, Loreto, Peru*

*RICARDO ZÁRATE GÓMEZ, TONY J. MORI VARGAS & LUIS A. VALLES PÉREZ*

*Arnaldoa* 19(2): 133 - 139, 2012 ISSN: 1815 - 8242

# Floraciones de especies del género *Romeria*: nuevos registros para la flora cianobacterial peruana

## Species waterblooms of the genus *Romeria*: new records for the Peruvian cyanobacterial flora

***Haydee Montoya T., José Gómez C. y Mauro Mariano A.***
Museo de Historia Natural. Departamento de Simbiosis Vegetal. UNMSM. Lima. Perú. Av. Arenales 1256. Apartado 14-0434. Lima 14, Perú.
Instituto de Investigación de Ciencias Biológicas Antonio Raimondi, UNMSM. *haydmon@yahoo.com, mmarianoa@unmsm.edu.pe*

### Resumen

La costa Peruana central presenta humedales superficiales como los de Puerto Viejo localizado en el Departamento de Lima. La colección cianobacterial estándar de los ecosistemas acuáticos con registros de parámetros fisico- químicos (pH, salinidad, temperatura, fosfatos, nitratos) fueron realizados irregularmente entre 2001 y 2009. Las lagunas costeras evaluadas son expuestas al régimen hídrico anual con periodos de inundación y desecación. Poblaciones naturales de *Romeria gracilis* (Koczw.) Koczwara (Pseudanabaenaceae, Oscillatoriales) demostraron variaciones morfológicas con tricomas espirales y planctónicos (morfotipo I) que cambiaron gradualmente a tricomas bénticos seudofilamentosos, largos y curvados (morfotipo II) en cultivos estacionarios. Los morfotipos planctónicos de *R. gracilis* fueron reconocidos principalmente por la altura de la espiral que se relacionó con la gradiente de salinidad entre 12 - 20 ppm (NaCl). *Romeria leopoliensis* (Raciborski) Koczwara formó floraciones en habitats de agua dulce y salobres (0-1 ppm) con rango de pH entre 7.5 y 8. La plasticidad fenotípica cianobacterial y la heterogeneidad en los patrones distribucionales (fase bentónica y planctónica) de las especies están relacionadas con sus estrategias adaptativas que favorecen su colonización exitosa en humedales expuestos a un régimen hidrológico fluctuante.

**Palabras clave:** Morfotipo, plasticidad fenotípica, halófilo, fluctuación.

### Abstract

The Peruvian coast has tropical shallow wetlands such as Puerto Viejo located at Lima Department. Standard cyanobacterial collection of the aquatic ecosystems with the physical -chemical parameters (pH, salinity, temperature, phosphate, nitrate) were registered irregularly between 2001 – 2009. The lagoon ecosystems are exposed to the annual fluctuating hydrological regime with flooding and desiccation periods. Natural populations of *Romeria gracilis* (Koczw.) Koczwara (Pseudanabaenaceae, Oscillatoriales) showed morphological variations where the planktic spiral trichomes (morphotype I) turned in stationary cultures to long, curved, pseudofilamentous benthic forms (morphotype II). The plancktic morphotypes of *R. gracilis* were recognized mainly for the spiral heigth related to the salinity gradient between 12 - 20 ppt. Cyanobacterial phenotypic plasticity and the heterogeneity of distributional patterns of the species (plancktic and benthic phases) are probably related to its adaptative strategies which provide successful colonization under hydrological fluctuating conditions at coastal wetlands.

**Key words:** morphotype, phenotypic plasticity, halophyte, fluctuation

### Introducción

El humedal de Puerto Viejo en la zona costera central comprende lagunas costeras tropicales superficiales que forman parte del corredor biológico de la costa del Pacifico de Sudamérica. Las cianobacterias o cianofitas fotoautotróficas oxigénicas constituyen un grupo de procariontes de amplia distribución en ambientes acuáticos con numerosos representantes formando floraciones o biodermas bentónicos. Muchas especies exhiben plasticidad fenotípica frente a las diversas condiciones ambientales con el desarrollo de morfotipos o formas de vida en su ciclo de vida

mediante los procesos de adaptación o aclimatación (Montoya & Golubic, 1991; Whitton & Potts 2000; Komarek, 2006); La diversidad cianobacterial en ambientes tropicales es aun poco conocida en nuestro país. La revisión del género *Romeria* (Oscillatoriales) fue realizado por Komárek (2001) quien ha reportado 19 especies, algunas de las cuales proceden de reservorios eutróficos.

El objetivo de la presente investigación fue evaluar la variabilidad fenotípica de las especies de *Romeria* en lagunas superficiales fluctuantes como las de Puerto Viejo.

## Material y Métodos

El humedal de Puerto Viejo está localizado en la región costera central entre los 69 y 73 km al sur del Departamento de Lima. La evaluación de la flora cianobacterial se inició con colecciones cianobacteriales estándar realizadas en forma irregular entre 2001 y 2009. El registro de los parámetros fisico químicos (pH, salinidad, temperatura) de muestras de la columna de agua se realizó *"in situ"* simultáneamente con las colecciones. El pH fue medido mediante varillas analíticas indicadoras (Merck). La medición de la salinidad (ppm) se realizó mediante un salinómetro (NaCl) AO T/C. Los fosfatos (iones ortofosfato) fueron medidos mediante cintas analíticas (Merck) como mg L-1. Los nitratos fueron detectados por el test para nitratos de La Motte (modelo NCR) en mg L-1. Cultivos estacionarios (batch) de muestras naturales fueron mantenidos en el laboratorio con un promedio de 21ºC de temperatura y un fotoperiodo de 8:16. Submuestras fueron fijadas y preservadas en 5% de formalina. Datos morfométricos de las especies y su rango de variación así como las microfotografías secuenciales de los diferentes estadiós vegetativos y reproductivos fueron realizados para la identificación de las especies y sus morfotipos con bibliografía especializada (Geitler 1932; Anagnostidis & Komárek1988; Komárek & Anagnostidis 2005; Komárek 2001; Komárek *et al.* 2003).

## Resultados

*Área de estudio*

El humedal de Puerto Viejo está formado por una variedad de lagunas superficiales con un rango amplio en la calidad de sus aguas (aguas dulces, salobres y salinos). Las lagunas están expuestas a un régimen hidrológico anual con periodos de inundación y desecación. Las muestreadas fueron:

**Laguna Grande**: está localizada en la zona norte del humedal (12° 33'19.64"S, 76° 42'46.09"O), es superficial y parcialmente efímera en verano. La laguna con un área aproximada de 60 km$^2$ y máxima profundidad de 3 m posee aguas eutróficas salobres y salinas. El gradiente de salinidad oscila entre 2 y 90 ppm (NaCl) hasta la saturación, el rango de pH estuvo entre 7 y 10.5 y el rango de temperatura del agua entre 18 y 31ºC. La concentración de fosfatos estuvo entre 0.5 y 50 mg l$^{-1}$ y los nitratos entre 0.6 a 0.88 mg l$^{-1}$.

**Laguna La Bruja:** está localizada al sur de la laguna Grande (12° 33' 23.09"S, 76° 42' 40.37"O). La parte norte de la laguna esta rodeada parcialmente de una loma o colina denominada La Bruja (por lo cual ha sido denominada). La profundidad de la laguna estuvo entre 0.5 y 2.50 m. La disminución gradual del nivel del agua de la laguna origina pozas, charcas y acequias. Durante el verano fue posible reconocer costras salinas en el lecho lacustre que está relacionado con la desecación parcial de laguna. La parte sur de la laguna registró los mayores valores de salinidad. El gradiente de salinidad osciló entre 5 y 18 ppm (71) hasta la saturación, el rango de pH estuvo entre 8 y 9(10) y el rango de temperatura entre 18 y 39ºC. La principal macrófita sumergida fue *Ruppia maritima.*

**Laguna Mirador:** está localizada al sur de laguna La Bruja (12°34'18.37" S,76°42'0.23" O). Esta laguna permanente y eutrófica tiene una profundidad que oscila entre 1.20 y 3.30 m, está rodeada de lomas arenosas y parcialmente por la macrófita emergente *Typha domingensis*. La gradiente de salinidad estuvo entre 0 y 12 ppm, el rango de pH entre 7 y 9 y los valores de la temperatura del agua entre 20 y 31ºC.

**Caracterización de las morfoespecies de** *Romeria*

Se reporta para nuestra diversidad cianobacterial la presencia de las cianobacterias filamentosas planctónicas *Romeria gracilis* y *R. leopoliensis* (Pseudanabaenaceae, Oscillatoriales) en lagunas someras costeras.

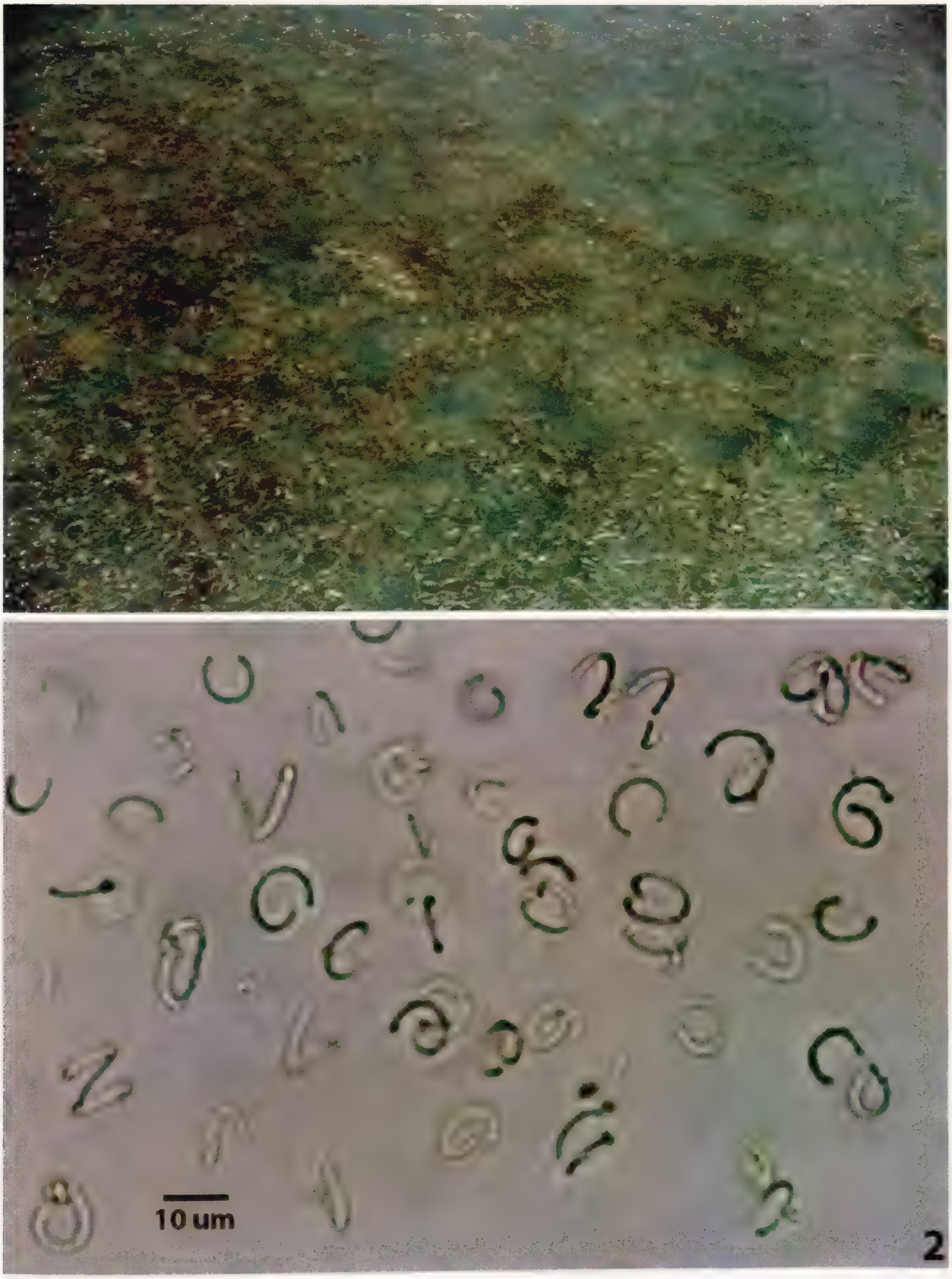



Fig.1. Floración dominante de *Romeria gracilis* asociada con la macrofita *Ruppia maritima* sumergida en la laguna La Bruja en verano (enero). Fig.2. Tricomas planctónicos espiralados (morfotipo I) de poblaciones naturales de *R. gracilis*.

*Romeria gracilis* (Koczw.) Koczwara y morfotipos

Tricomas libres, curvados helicoides, con espiras onduladas, cortas, abiertas con espiral regular o irregular, con 1 a 2.5 vueltas y de 7.5 a 19.3 µm de longitud. Tricomas rodeados por un mucilago tenue. La altura de las espiras están entre 9.1 y 12.8 µm. Fragmentación de tricomas frecuente con formación de hormogonios. Células cilíndricas, elongadas y constrictas, de 1.0 a 1.3 µm de diámetro por 1 a 2.1 µm de longitud. Este talo es denominado morfotipo I (Figs.1-2).

Especie dominante, forma floraciones planctónicas, verde azulados o verde amarillentos, coexiste principalmente con la macrófita *Ruppia maritima*. Los tricomas de *R. gracilis* desarrollaron en verano (enero) en la laguna La Bruja con una gradiente de salinidad entre 12 y 17 ppm, rango de pH entre de 8.5 a 8.7, valores de temperatura del agua entre 33 y 35ºC y concentración de fosfatos entre 8 y 10 mg l-1.

Poblaciones naturales de *R. gracilis* que permanecieron en cultivos estacionarios por una semana bajo condiciones de laboratorio desarrollaron masas filamentosas verde azuladas con talos seudofilamentosos bénticos (morfotipo II). Los seudofilamentos largos, curvados e irregulares con tricomas curvados, algunos de los cuales se enrollan como espiras superpuestas. Células redondeadas, cilíndricas, cuadradas, elongadas, de 0.75 a 1.0 µm de diámetro por 0.6 a 1.6 µm de longitud. Célula apical redondeada. Estos tricomas de los cultivos desarrollaron células más delgadas y cortas que el de las poblaciones naturales (Fig.3). Sin embargo, después de 3 semanas en cultivos estacionarios, los talos llegaron a ser más largos, curvados irregulares, ondulados y entrelazados. Las células alcanzaron de 0.8 a 1.9 um de diámetro por 1.0 a 1.6 µm de diámetro. Por consiguiente, después de tres semanas las células fueron ligeramente de mayor diámetro y mas cortas que las de poblaciones naturales (morfotipo I). (Figs.4-5).

En la laguna Grande, el talo planctónico de *R. gracilis* exhibió tricomas curvados, irregulares, espiralados, generalmente hasta dos vueltas espiraladas. La altura de espiras alcanzó entre 4.8 y 7.5 µm. Tricomas rodeados por un delgado mucilago. Células ovoides a cilíndricas de contenido celular finamente granulado, de 0.7 a 1.3 µm de diámetro por 0.8 a 2.1 (4.3) de longitud (morfotipo III). (Fig.6).

Este especie forma floraciones verde azuladas a fines de verano e inicios de otoño (Marzo, Mayo) en la laguna Grande con salinidades entre 13 y 20 ppm, rango de pH entre 8 y 9, rango de temperatura del agua entre 25 y 30ºC, concentración de fosfatos entre 5 y 8 mg l-1 y de nitratos entre 0.6 y 0.8 mg l-1.

Por consiguiente, las variaciones morfológicas de *R. gracilis* se evidenciaron con la formación de dos morfotipos (I, II) de la laguna La Bruja y un morfotipo (III) de la Laguna Grande.

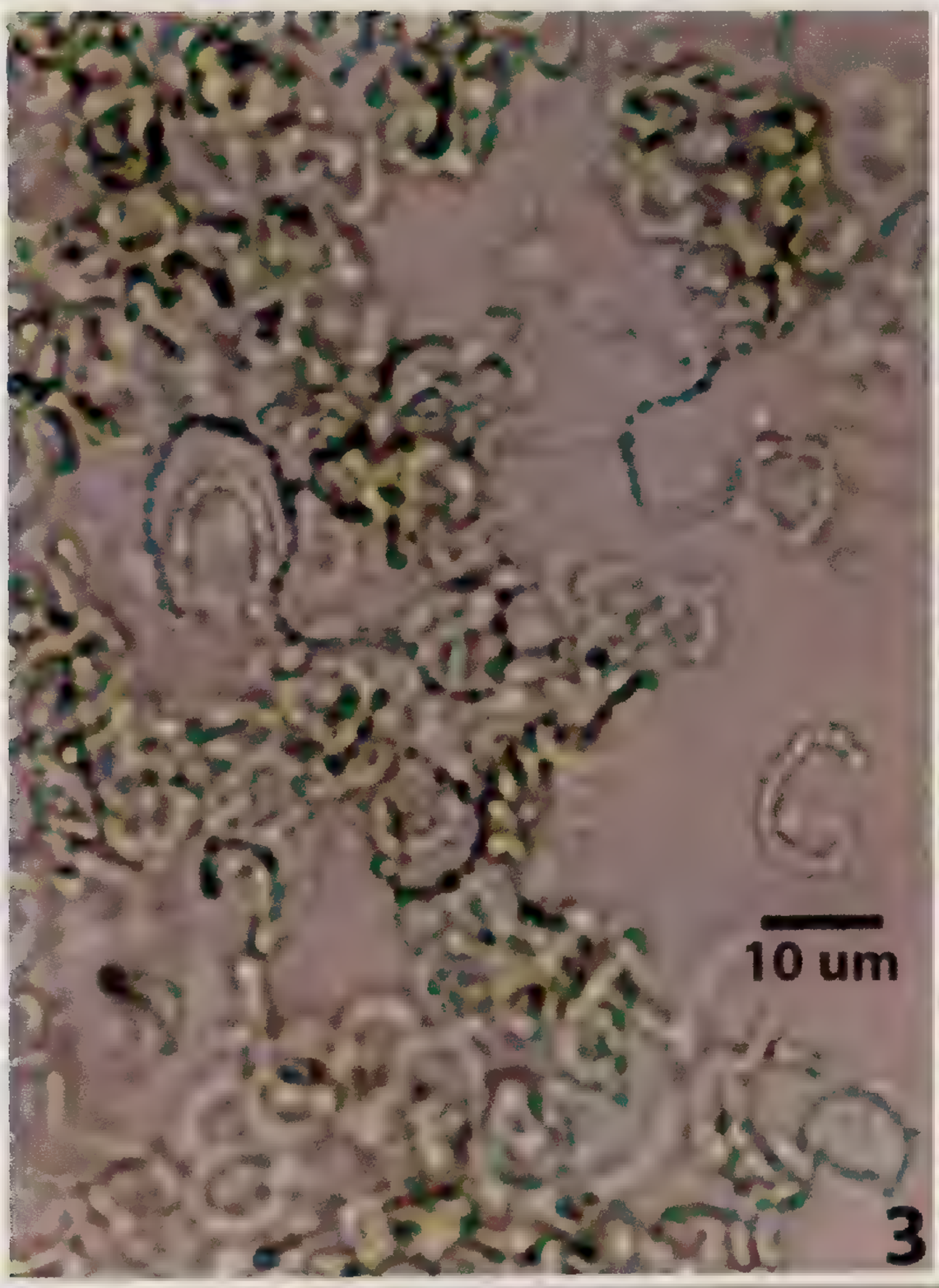
*Romeria leopoliensis (Raciborski) Koczwara*

Cianobacteria filamentosa con tricomas libres, azul verdes, curvados helicoidalmente, formando espiras onduladas, laxas e irregulares, con pocas células. Tricomas rodeados por un mucilago fino. Altura de las espiras de 7.5 a 12 µm. Células cilíndricas, ovoides, elongadas, curvadas y ligeramente constrictas. Célula apical redondeada. Las células alcanzaron de 0.9 a 1.3 µm de diámetro por 3 a 7.5 µm de longitud. Fragmentación de los tricomas frecuente (Fig.7).

Las floraciones de *R. leopoliensis* se produjeron en primavera (inicios de diciembre) en la Laguna Mirador con valores de salinidad entre 0 y 1 ppm, rango de pH entre 7.5 – 8 y valores de temperatura del agua entre 20 y 24ºC.

## Discusión

Las condiciones ambientales que originan cambios morfológicos en cianobacterias frecuentemente tienen variaciones espacio-temporales que influyen en la inestabilidad de las lagunas costeras someras que están relacionadas con las fluctuaciones anuales. Las fuerzas hidrodinámicas causadas por los vientos en las lagunas superficiales aunada a la gradiente de salinidad, disturbancia en los sedimentos (bioturbación) y la dinámica del seston producen las floraciones cianobacteriales (Oseguera *et al.*, 2010). Las variaciones intraespecificas en *Romeria gracilis* que refleja su plasticidad fenotípica fue reconocida por sus



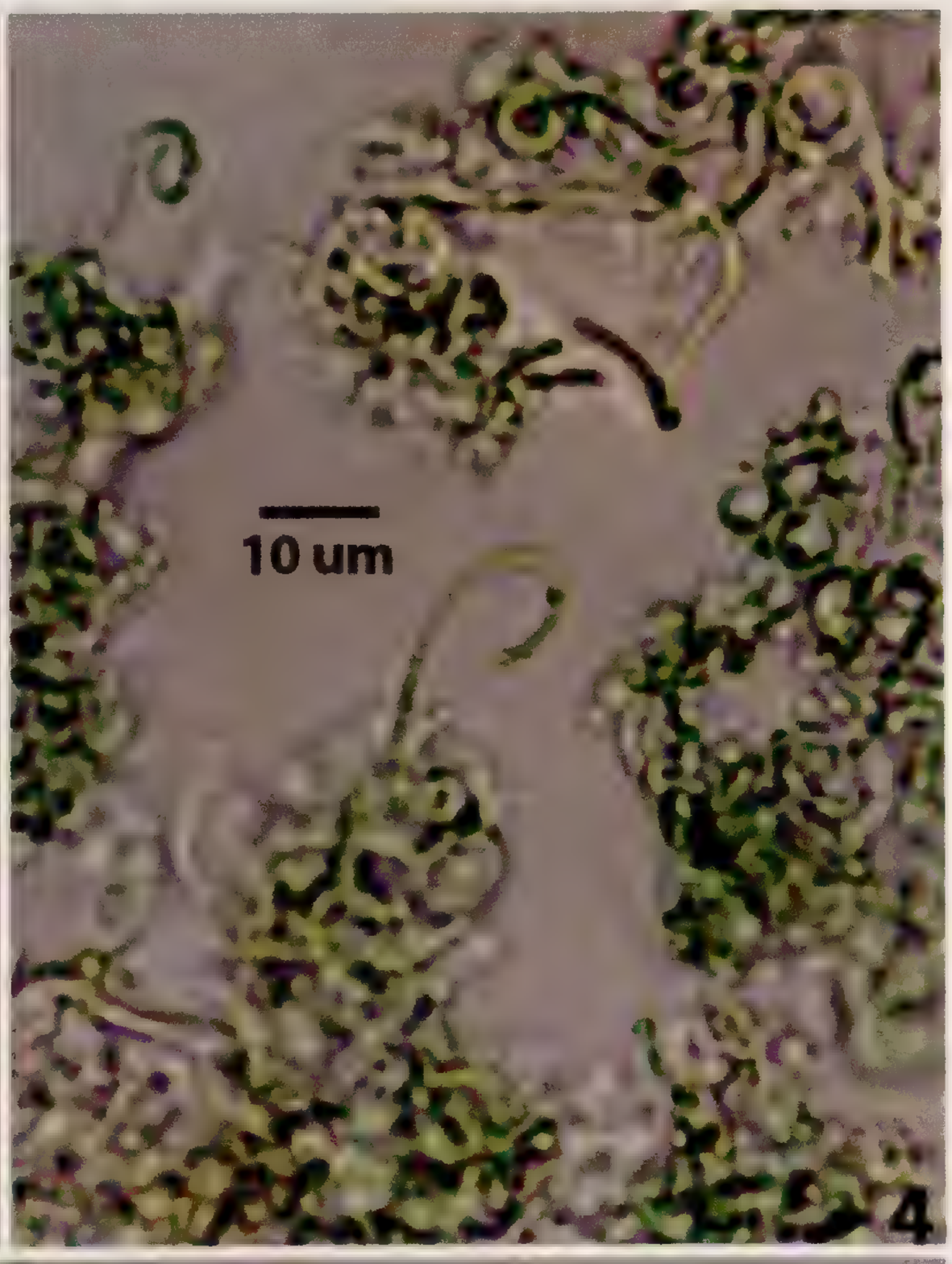



Fig.3. Tricomas de *R. gracilis*, seudofilamentosos bénticos, de cultivos estacionarios (batch) de una semana (morfotipo II) colectados de laguna La Bruja. Figs. 4- 5. Morfotipo II de cultivos estacionarios de 20 días de *R. gracilis* con filamentos largos, elongados y curvados.

dos morfotipos de la laguna La Bruja y un morfotipo correspondiente a la Laguna Grande. La variabilidad fenotípica de idénticos genotipos y los morfotipos de cianobacterias cocoidales relacionadas con la salinidad y temperatura han corroborado la plasticidad fenotípica cianobacterial (Dor & Hornoff, 1985; Palinska *et al.*, 1996; Montoya, 2009).

La altura de las espiras de los tricomas de *R. leopoliensis* son similares a las poblaciones naturales de *R .gracilis*. Sin embargo, la longitud celular es mayor en *R. leopoliensis* (3-7.5 µm) que colonizó hábitats de aguas dulces o salobres en comparación de los ambientes salinos (12-17 ppm) de *R. gracilis*. Los morfotipos de *R. gracilis* están relacionadas con la formación de pseudofilamentos (morfotipo II) y la variación en la altura de espiras siendo la de menor altura el morfotipo III de laguna Grande característica relacionada con las mayores salinidades (13-20 ppm).

La plasticidad fenotípica depende del estado del ciclo de vida y hábitat como en la especie halofílica planctónica *Romeria gracilis* de tricomas espiralados y frecuente formación de hormogonios en laguna la Bruja que llegaron a desarrollar tricomas bentónicos seudofilamentosos en cultivo. Estos caracteres transicionales evidencian los rasgos morfológicamente plásticos. Asimismo, la variabilidad morfológica y estructura celular han sido reportados para Brasil y República Checa (Komarek, 2001).

Las especies del género *Romeria* han sido reportadas para reservorios de agua dulce y para el plancton marino, el incremento en su distribución se extiende a hábitats salinos costeros evidenciando su gradiente biogeográfica en Sudamérica. Se registra por primera vez para la flora peruana las especies cianobacteriales filamentosas *Romeria gracilis* y *R. leopoliensis*

## Literatura Citada

**Anagnostidis, K. & Komárek, J.** 1988. Modern approach to the classification system of Cyanophytes. 3.Oscillatoriales. Archiv Hydrobiologie Supplement 80. Stuttgart, 1 - 4:327-472.

**Dor, I. & Hornoff, M.** 1985. Salinity-temperature relations and morphotypes of a mixed population of coccoid cyanobacteria from a hot, hypersaline pond in Israel. Marine Ecology 6:13-25.

**Geitler, L.**1932.Cyanophyceae.*In* Rabenhorst, L. (ed.): Kryptogamen-Flora von Deutschland, Osterreich und der Schweiz. Akademische Verlagsgesellshaft. m.b.H. Leipzig. 14:1-1196.

**Komárek, J. & Anagnostidis, K.** 2005. Cyanoprokaryota 2. Teil: Oscillatoriales. *In* Bûdel, B., Gârtner, G., Krienitz, L. & schagerl, M. (eds): SuBwasserflora von Mitteleuropa. Band 19/2. Elsevier GmbH, Munchen. 759 p.

**Komárek, J.** 2001. Review of the cyanoprokaryotic genus *Romeria*. Czech Phycology. 1:5-19.

**Komárek, J., Kling, H. & Komarkova, J.** 2003. Filamentous Cyanobacteria. *In* Wehr, J. & Sheath, R.G. (eds): Freshwater Algae of North America. Academic Press. Boston, USA. 117 -196 p.

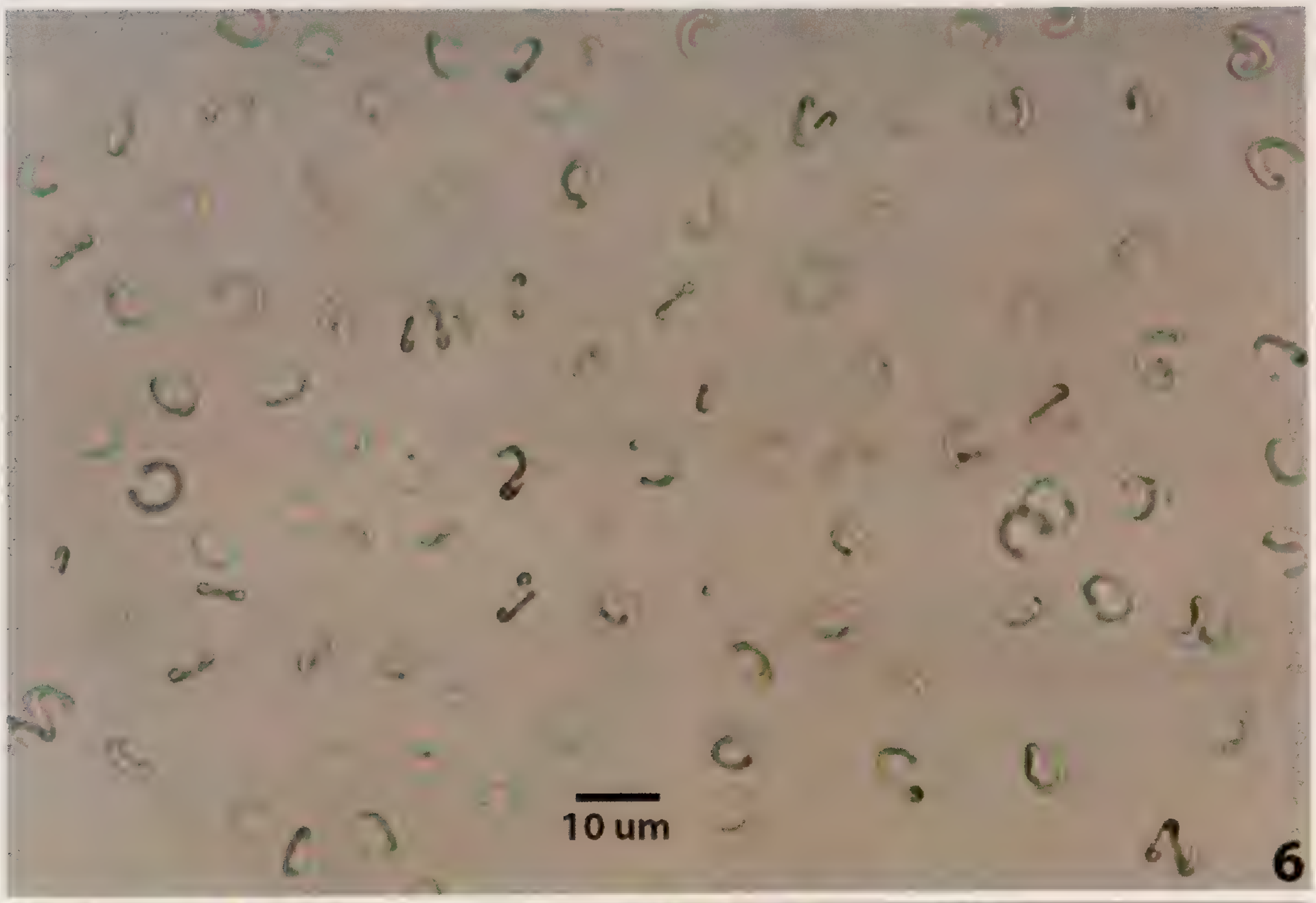
**Komárek, J.** 2006. Cyanobacterial Taxonomy: Currents problems and prospects for the integration of traditional and molecular approaches. Algae. Vol.21(4): 349-375.

**Montoya, H.T. & Golubic, S.** 1991. Morphological variability in natural populations of mat forming cyanobacteria in the salines of Huacho, Lima, Perú. Algological Studies 64: 423–441.

**Montoya, H.** 2009. Algal and Cyanobacterial saline biofilms of the Grande Coastal lagoon, Lima , Peru. *In* Oren, A., Naftz, D., Palacios, P. & Wurtsbaugh, W.A. (eds): Saline Lakes around the world: Unique systems with unique values.Vol XV. S.J. and Jessie E. Quinney Natural.Resources Research Library,Logan, Utah, USA. 127-134.

**Oseguera, L. A., Alcocer, J. & Escobar, E.** 2010. Seston flux in a tropical saline lake. Verh. Internat. Verein. Limnol. Vol. 30. Part 10. 1477-1481.

**Whitton, B. A. & Potts, M.** 2000. The Ecology of Cyanobacteria. Their Diversity in Time and Space. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.



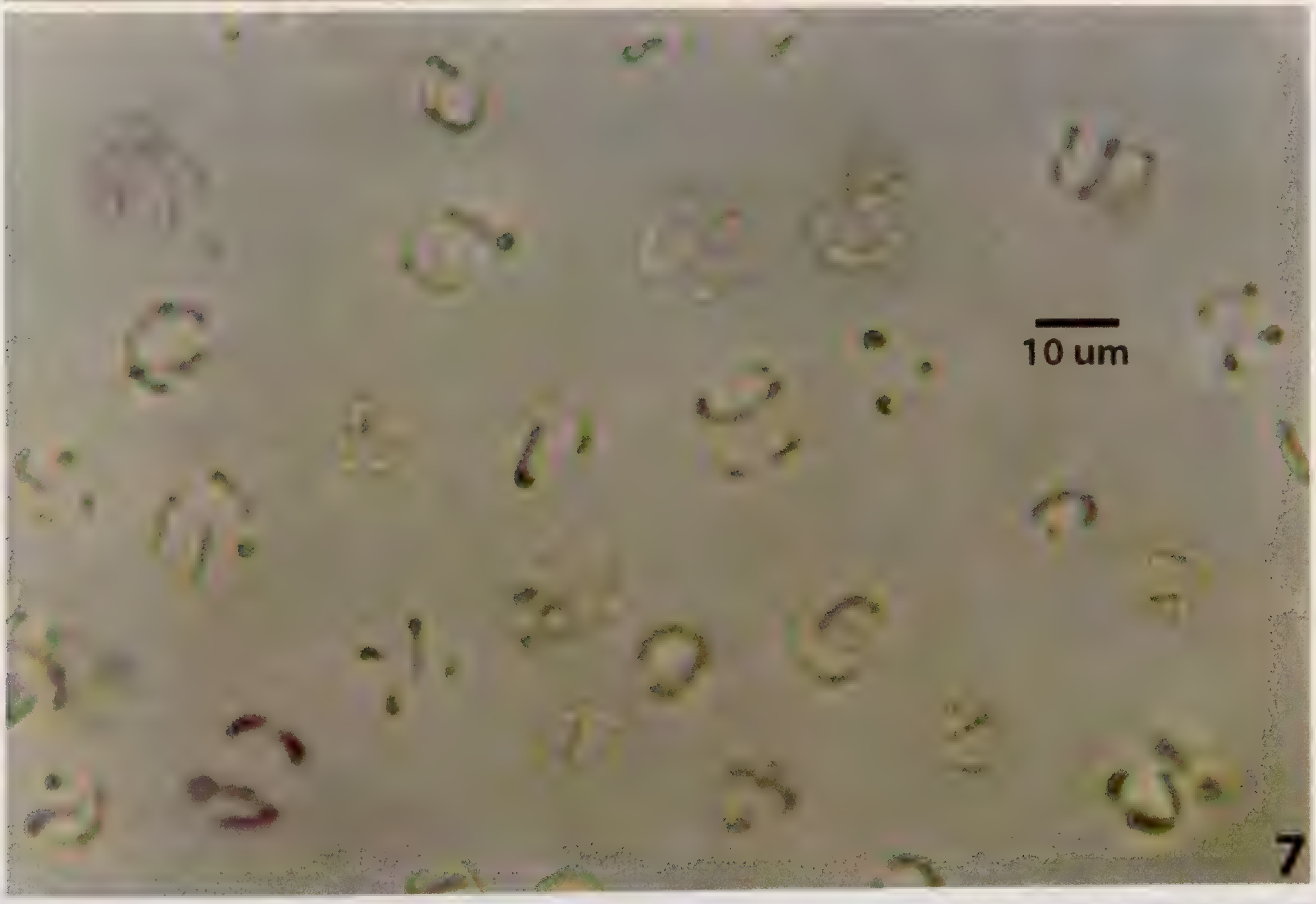




Fig.6. Floración dominante de *Romeria gracilis* con tricomas planctónicos, espiralados con altura de espira corta en salinidades entre 13 y 20 ppm de laguna Grande (morfotipo III). Fig.7. Floración de *Romeria leopoliensis* con tricomas espiralados en laguna Mirador (0-1 ppm) en primavera.

*Arnaldoa* 19(2): 141 - 148, 2012 ISSN: 1815 - 8242

# *Vochysia moskovitsiana* (Vochysiaceae), una nueva especie de los bosques Andino-Amazónicos de Perú, Ecuador y Colombia

## *Vochysia moskovitsiana* (Vochysiaceae), a new Species of Andean-Amazonian Forests from Peru, Ecuador and Colombia

***Isau Huamantupa***
Herbario (CUZ), Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco, Prolongación Av. de la Cultura s/n, Cusco-PERÚ. *andeanwayna@gmail.com*

## Resumen

Se describe e ilustra a *Vochysia moskovitsiana* I. Huamantupa (Vochysiaceae), como una especie nueva, pertenece a la sección Ciliantha (Stafleu) y sub sección Ferrugineae (Warming); proviene de los bosques Amazónicos de la base de los Andes en un área considerable, entre los límites norte de Perú, sur oriente de Ecuador y sur occidente de Colombia. Presenta mayor afinidad a *Vochysia eximia* y *Vochysia schomburgkii*, las cuales dentro de la sub sección Ferrugineae, son las únicas que presentan un solo pétalo. Pero *V. moskovitsiana* se diferencia de ambas por que llegan a ser árboles de hasta 40 m. Hojas con lámina foliar de 16-23 x 5-7.8 cm. Flores con cincinos de 1-3 flores, pétalo único central casi del mismo tamaño del estambre y habita los bosques amazónicos de la base de los andes en Perú, Ecuador y Colombia.

**Palabras clave:** *Vochysia*, Amazónico, base de Andes, Bosques, Colombia, Ecuador, Perú

## Abstract

A new species *Vochysia moskovitsiana* I. Huamantupa (Vochysiaceae), is described and illustrated. The species belongs to section Ciliantha (Stafleu) and subsection Ferrugineae (Warming). It occurs in Amazonian forests near to the base of the Andes, where it covers a considerable area including northern Peru, southeastern Ecuador, and southwestern Colombia. The species is most closely related to *Vochysia eximia* and *Vochysia schomburgkii*, the only other species in subsection Ferrugineae with a single petal. *V. moskovitsiana* differs from those species in its stature in excess of 40 m, leaf lamina measuring 16-23 x 5-7.8 cm, flowers with circinnus of 1-3 flowers, a single central petal nearly the same size as the stamen, and its range in Amazonian forests at the base of the Andes in Peru, Ecuador and Colombia.

**Key words:** *Vochysia*, Amazonia, Andes basin, Forest, Colombia, Ecuador, Peru

## Introducción

Los andes tropicales son considerados como los "hotspot" o puntos caliente, con mayores endemismos en especies de plantas con el 6.7 % en el mundo (Myers *et al.,* 2000), hasta estos años con varios estudios se sigue descubriendo muchas especies nuevas, lo que al parecer seguirá siendo por muchos años ya que gran parte de esta área no ha sido explorada ni conocida aún. Dentro de esta extensa región se encuentra los bosques Andino Amazónicos donde también se tiene altas cifras de riqueza a nivel de especies, géneros y familias de árboles en un área de una hectárea como suceden en el Yasuni en Ecuador, Cabeza de Mono en Perú y áreas adyacentes (Gentry 1988a, b; Pitman *et al*., 2001; Valencia *et al*., 2004; Vásquez & Phillips 2000; ter Steege *et al*., 2003).

De la misma manera la complejidad de ecosistemas están aun poco estudiados, entre las recientemente conocidas destacan la cordillera del Cóndor, de formación cretácica que aparentemente influencia sobre los bosques de las cuencas del Marañon, Putumayo y el Napo. (Rodriguez *et al*., 2006; Ulloa & Neill, 2006)

Dentro de este ámbito una de las familias representativas en árboles lo constituye las Vochysiaceae, que principalmente habitan los bosques de pie de monte y áreas inundables.

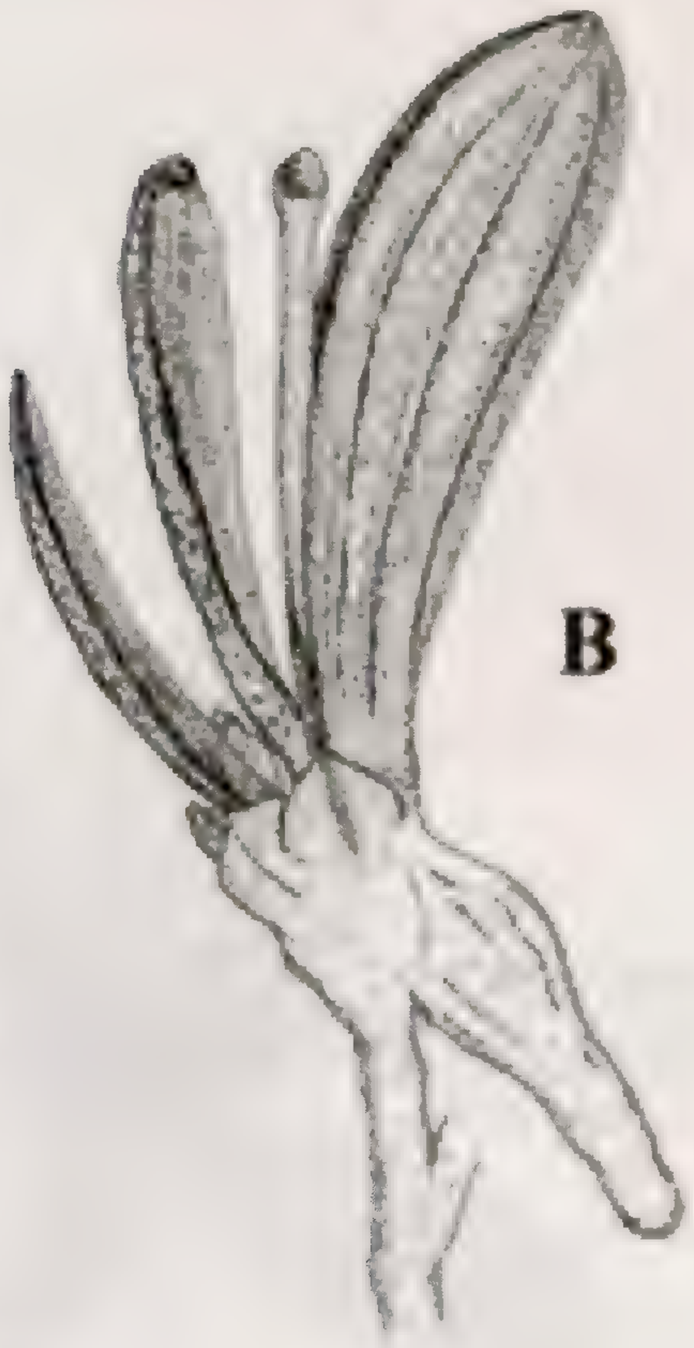
El género neotropical *Vochysia* abarca alrededor de 135 especies (Stafleu, 1958; Litt, 2004; Marcano-Berti, 2005). La especie nueva que describo presenta poblaciones en un área considerable en los bosques amazónicos de la base de los andes, entre los límites norte de Perú, Sur oriente de Ecuador y sur occidente de Colombia.

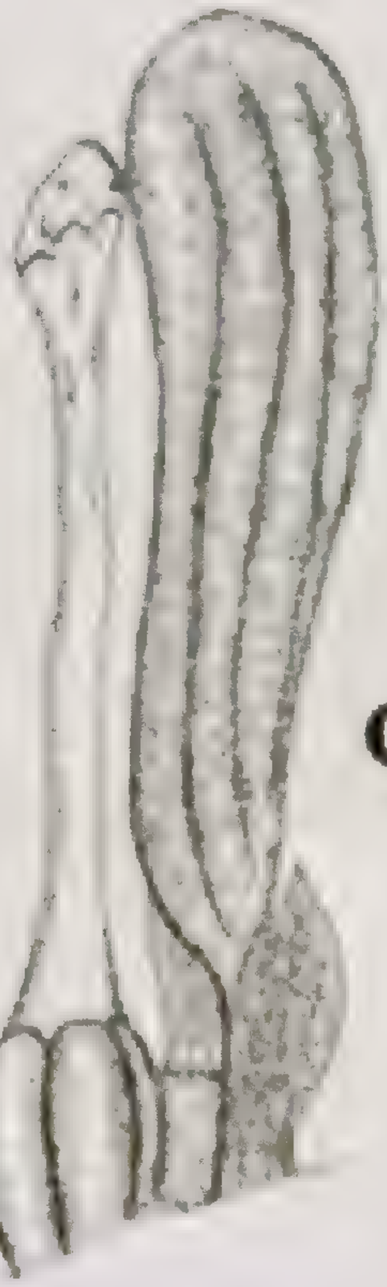
1. ***Vochysia moskovitsiana*** I. Huamantupa sp. Nov. (Fig. 1,2 y 3)

TIPO: ECUADOR. **Prov. Pastaza**, Cant. Pastaza, Localidad exacta: Pozo petrolero "Moretecocha" de Arco. Río Landayacu. 75 km al este de Puyo. Bosque húmedo Tropical. 01°34'S 077°25'W, 580 m. 04 -XII - 1990. *E. Gudiño 1190* (QCNE, MO).

Large trees to 40 m. Branchlets, leaves and inflorescence ferrugineo-tomentose. Leaves with lamina 16-23 x 5-7.8 cm. Flowers yellow, 1-3 per cincinnus, the spurred sepal 1.2-1.5 x 0.2-0.3 cm, the petal solitary, about equalling the stamen. Differs from *V. schomburgkii* by the leaves over 16 cm long, from V. eximia by the larger stature of the tree, and from both species by the petals equalling the stamens in length.

**Árbol** de 20-40 m, 80-120 cm de diámetro. **Tronco** cilíndrico, forman raíces tablares medianas, la corteza se desprende en placas. Ramas jóvenes, peciolos, inflorescencia y nervios en el envés densamente tapizado de pelos tometoso ferrugíneo, marrón oscuro, pelos hasta 2 mm de longitud, ramas tetrágonas, sulcadas, anguladas, corteza no exfoliante. Estípulas negruzcas triangulares, ápice asciculado 3-4.2 mm de largo, 2.6-4 mm de ancho en la base, densamente tomentoso. **Hojas** opuestas; peciolo 0.7-1.6 cm de largo, 3-5 mm de ancho en la base, subredondeado, acanalado sulcado por el haz, levemente estriado y reflexas por el envés; limbo oblongo elíptico, 13-27.5(-36) x 5.7-9(-11.8), ápice redondeado e escasamente acuminado, base redondeada, cuneada; has marrón grisáceo hasta negruzco, generalmente glabro, algunas veces con cilios blanquecinos esparcidos abundantemente en los nervios principal y secundario; envés fuertemente cubierto y tapizado de pelos marrón anaranjados 0.5-2.8 mm de longitud, más largos en la base de la hoja y venas principales; vena media tenuemente impresa por el haz, sobresaliente por el envés, hasta 3.2 mm de ancho en la base de la hoja; venas laterales 21-31 en cada semilimbo, subimpresas por el haz, notorias por el envés, separación entre ambas desde 2 mm en la base y ápice de la hoja, hasta 1.1 cm en la zona media de la hoja, forman un ángulo de 50-80° con la vena media, venas laterales secundarias con frecuencia ninguna e veces 1 entre las primarias; vénulas abundantes notorias subparalelas con la vena media; vena marginal hasta 0.2-1 mm del borde, subimpresas por el haz y notorias pro el envés. Inflorescencia terminal y axilar cilíndrica 14-20 (-22) cm de longitud, densiflora. Cincino 1-3 flores mayormente 2, pedúnculo 3-7 mm, densamente villoso-tomentoso, pedicelo 3-5 mm, densamente villoso-tomentoso. Yema floral 0.5-1.1 cm, cilíndrico, levemente recurvado, ápice redondeado, densamente villoso-tomentoso. **Flores** amarillas, anaranjadas al envejecer, en conjunto con el sépalo espolonado 12-15 x 2-3 mm, subcurvado e curvado; espolón cilíndrico, recto e levemente curvado, 3-5 mm de longitud, ápice redondeado, ralamente villoso-tomentoso, forman 20-40° con el pedicelo; sépalo dorsal 5-7 mm, glabro cilios esparcidos en el ápice y bordes, sépalos menores 1.5-2.1 mm de longitud, con cilios apilados en los bordes; pétalo 1, laterales ausentes, 4-5.5 x 2-3.4 mm, cara superior densamente piloso-ciliado, cara abaxial, menos ciliado. Estambre 4.8-6 mm de longitud, levemente curvado ciliado más densamente entre la antera y estambre; filamento hasta 1.8 mm, ciliado; anteras 4-5 mm, conduplicadas, levemente curvada, cada lado de la antera al exponerlas ± 2 mm, ciliados. Estaminodios 2, lanceolado elípticos 1.2-2.1 mm, glabrescentes en la base poco ciliada. Ovario triloculado ± 1.8 mm, glabro. Estilo 4-4.8 mm; estigma latero terminal capitado ± 3-4 mm de diámetro, glabro en general. **Cápsula** levemente verruculosa, glabra, alargada a oblongo obovada 2,9 – 5 x 0,8 – 1,8 cm; **Semillas** aladas tres en cada septo.





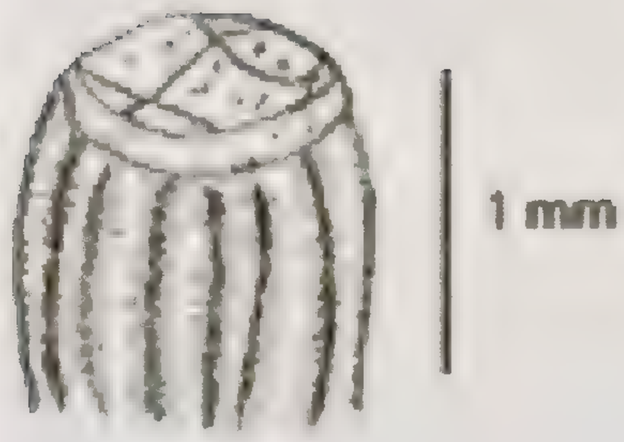




Fig. 1. *Vochysia moskovitsiana* I. Huamantupa. A. Rama florífera, B. Flor en antesis, C. Estambre, gineceo y estaminodios, D. Pétalo, E. Antera vista superior (Ilustrado de E. Gudiño 1190 (QCNE, MO).

Figura 2. *Vochysia moskovitsiana* I. Huamantupa. Fotografía de Holotipo del herbario MO (tomado de Gudiño & Gualinga 1622).

*Afinidades*

*Vochysia moskovitsiana*, pertenece a la sección Ciliantha (Stafleu, 1948) y sub sección Ferrugineae Warming (1875), las especies de este grupo presentan mayormente las ramitas jóvenes anguladas. Corteza raramente exfoliante. Hojas en verticilos u opuestas. Pétalos 3, raramente uno o ninguno. Pétalos y estambre ciliado a lo largo de las márgenes. Estilo glabro. Ovario glabro. La sub sección Ferrugineae, se caracteriza principalmente por presentar las hojas y ramas jóvenes ferruginosas pilosas, en el envés. Peciolos mayormente estriados. Inflorescencia terminal y axilar, ferruginosas. Pétalos ciliados pilosos. Estambre piloso.

*V. moskovitsiana* se compara a las especies *Vochysia eximia* y *V. schomburgkii* (ambas no conocidas para Perú), las cuales dentro de la sub sección Ferrugineae, son las únicas especies que presentan un solo pétalo. *V. schomburgkii*, presenta el pétalo casi a la mitad del tamaño del estambre, las hojas son pequeñas de 9 – 14 x 3-6 cm y habitan en los bosques amazónicos de las Guyanas francesa e inglesa. *Vochysia eximia*, árboles pequeños a medianos, cincinos florales con 2 flores mayormente. Flores de 2-4 x 0.3-0.4 cm. Presenta un solo pétalo, pétalo central a 1/4 - 1/3 del tamaño del estambre.

Habita los bosques Amazónicos pantanosos e inundables del norte de Brasil. En contraste *V. moskovitsiana*, son árboles de gran tamaño. Hojas con lamina foliar de 16-23 x 5-7.8 cm. Flores con cincinos de 1-3 flores, de 1.2-1.5 x 0.2-0.3 cm, pétalo único central casi del mismo tamaño del estambre. Habita los bosques Amazónicos de la base de los Andes en Perú, Ecuador y Colombia.

Morfológicamente *V. moskovitsiana*, tambien fue confundida con muestras de herbario de *V. saccata*, por el parecido en las hojas y ramas pero, *V. saccata*, presenta 3 pétalos, en las flores. Y habita mayormente zonas de bosque ribereño y temporalmente inundable, en la región norte-centro de Brasil y sur de Venezuela.

*Ecología y Distribución*

De acuerdo a las localidades donde se colectaron y observaron los especímenes y poblaciones de *V. moskovitsiana*, habita los bosques Amazónicos de

Fig 3 *Vochysia moskovitsiana* J. Huamantupa. A. Hojas con ramas jovenes. B. Tronco y hojas maduras. Foto: J. Huamantupa)

las estribaciones andinas de las cuencas del Napo, Pastaza, Putumayo, que corresponden al límite norte de su distribución, inmersas en las regiones surorientales de Colombia y Ecuador, y por el límite sur llega hasta el Marañón, Santiago y Zamora, en el extremo norte de Perú. En el ámbito peruano los bosques donde frecuentemente se hallan las poblaciones de *V. moskovitsiana* son el bosque de colinas altas y medias, y el bosque marrón rojizo (Vásquez *et al*., 2010); bosques de colinas medianas ubicada entre los 700 y 1000 m, el bosque de colinas bajas (300–700 m) y el bosque de los afloramientos de roca caliza entre los 700 y 1.100 m, donde se asocian a especies de árboles como: *Eschweilera andina* (Lecythidaceae), *Cassia swartzioides* (Fabaceae), *Tachigali inconspicua* (Fabaceae), *Pourouma minor* (Urticaceae), *P. guianensis* (Urticaceae), *Caryodendron orinocense* (Euphorbiaceae), *Metteniusa tessmanniana* (Icacinaceae), *Otoba glycicarpa* (Myristicaceae), *Guarea pterorhachis* (Meliaceae) y las palmeras *Socratea exorrhiza* y *Wettinia maynensis*. (Neill *et al*., 2012). En la cuenca del Putumayo, los hábitats donde esta presente son variables, denominados como los paisajes de colinas bajas que incluyen las zonas onduladas de pie de monte y las terrazas altas que abarca a las áreas planas localizadas en el pie de monte (Vallejo & Delgado, 1990). En estos bosques las especies arbóreas más comunes asociadas a *V. moskovitsiana* son: *Jacaranda copaia* (Bignoniaceae), "morochillo" *Miconia* sp (Melastomataceae), "palo negro" *Oligantis discolor* (Asteraceae) y *Ostheophloeum platyspermum* (Myristicaceae) (Benavides, 2007). Según Sierra (1999), en la región del Pastaza, Napo en Ecuador, se denominan los Bosque siempreverde de tierras bajas que incluye los bosques sobre colinas medianamente disectadas o disectadas y bosques sobre tierras planas bien drenadas, es decir no inundables donde son frecuentemente asociados *Virola calophylla* (Myristicaceae), *Garcinia macrophylla* (Clusiaceae) e *Iriartea deltoidea* (Arecaceae).

***Conservación***

Debido a las poblaciones existentes en las cuencas del Napo, Putumayo, Pastaza, Santiago, Zamora y Marañon, *V. moskovitsiana*, se encuentra en algunos áreas protegidas como el bosque de protección Jatun Sacha, probablemente en el Yasuni ambos en Ecuador; en Colombia en el Parque Nacional Natural Serranía de los Churumbelos Auka-Wasi, dentro de los Departamentos de Cauca y Putumayo, y en el Perú, el Parque Nacional de la Cordillera del Cóndor, la zona propuesta como área reservada de los cerros del Kampankis y en la Cuenca del Ere-Kampuya, afluente del Putumayo.

A pesar de esto estos hábitats no son ajenos a amenazas encaminadas por el hombre, entre ellas con las actividades de explotación petrolera, minera como viene sucediendo en Ecuador. En el lado peruano y colombiano la explotación maderera y la ampliación de la frontera agrícola son las más directas. De acuerdo a los datos poblacionales mencionados, y por los criterios dispuestos por la Lista Roja de la UICN (2001), consideramos que esta especie debe ser listada en la categoría "Casi Amenazada" (NT).

***Etimología***

El epíteto está dedicado en honor a la Dra. Debra K. Moskovits, directora del programa Environmental and Conservation Programs The Field Museum, Chicago, EE.UU. quién ha sido artífice de la realización de los inventarios biológicos (RAPS), en el Perú y que gracias a ellas, varias zonas inicialmente propuestas para conservación, ahora son áreas protegidas reconocidas por el estado peruano. Cabe señalar, que durante el inventario biológico rápido del 2011, desarrollado en los cerros Kampankis en el norte peruano, la Dra. Moskovits estuvo participando activamente en los trabajos de campo y fue participe del hallazgo de las poblaciones bien conservadas de *V. moskovitsiana*, existentes en estos bosques.

PARÁTIPOS: COLOMBIA. **Departamento del Putumayo**. Municipio de Mocoa, Serranía el Churumbelo, sector vereda bajo Afán. Pie de monte Amazónico. Bosque maduro intervenido. 1°09'02"S 76°37'39"W. 700 m. 04-X-2000. D. *Cárdenas, S. Suárez & J. Móntes, 12644*; ECUADOR. Prov. Pastaza. Cant. Pastaza, Pozo Villano 2 de Arco. 2 km del pueblo de Villano. Bosque Húmedo Tropical. Bosque

primario. 01°25'S 077°20'W, 400 m, 03-XII-1991. *G. Tipaz, S. Espinoza & C. Gualinga 515* (QCNE, MO); Ecuador, Pastaza, Pastaza. Pozo petrolero "Namoyacu" de Unocal. 30 km al sur del pueblo de Curaray. Bosque húmedo Tropical. Bosque primario. 01°40'S 076°57'W. 290 m. 13 - 30- XI- 1990. Nombre común "Urcu Pumbuche". *S. Espinoza & T. Coba 673* (CR, MO); Ecuador, Pastaza, Pastaza. Localidad exacta Pozo Villano 2 de Arco. 2 km del pueblo de Villano. Bosque Húmedo Tropical. Bosque primario. 01°25'S 077°20'W. 400 m. 03-XII- 991. *G. Tipaz, S. Espinoza & C. Gualinga, 564* (MO); Ecuador, Pastaza, Pastaza. Loc. Exacta. Pozo petrolero Villano 2 de ARCO. Bosque húmedo Tropical. Bosque primario. 1°25'S 077°20'W. 400 m. 01-18 -XII-1991. *F. Hurtado 2939* (QCNE, MO); Ecuador, Pastaza, Pastaza. Loc. Exacta, Pozo petrolero "Villano" de ARCO. 01°30'S 077°30'W. 400 m. 18-XII-1991. *E. Gudiño & C. Gualinga 1622* (QCNE, MO); Ecuador, Napo. Estacion Estación Biológica Jatun Sacha. 8 km al este de Misahuallí. Bosque muy húmedo Tropical. 01°04'S 077°36'W. 450 m. 17-21 -XI-1988. *C. E. Cerón & C. Iguago 5541* (MO); Ecuador, Napo. Estación Biológica Jatun Sacha. 8 km al este de Misahuallí. Bosque muy húmedo Tropical. 01°04'S 077°36'W. 450 m. 17-21-XI-1988. *C. E. Cerón & C. Iguago 5565* (QCNE, MO); Ecuador, Napo. Estación Biológica Jatun Sacha. 8 km al este de Misahuallí. Bosque muy húmedo Tropical. 01°04'S 077°36'W. 400 m. 25 - IX -1989. *D. Neill 9055* (QCNE, MO); PERÚ, Amazonas, Bagua. Loc. Exacta, Distrito Imaza: Región del Marañon. Comunidad de Yamayakat, Quebrada Kusu - Chapi, Río Marañon. Bosque primario colinoso. 04°55'S 078°19'W. 550 m. II-1995. *R. Vasquez, N. Jaramillo, R. Apamu & R. Kugkumas 19708* (MO); Amazonas, Bagua. Distrito Imaza, Loc. Exacta, Yamayakat. Bosque primario, Quebrada Kusú. 05°03'20"S 078°20'23"W. 380 m. 05-XI-1996. *R. Vásquez, P. Stern, R. Rojas & R. Aguilar, 21494* (MO). Amazonas. Condorcanqui. Distrito Santiago. Localidad exacta. Pongo Shenin, Cerros Kampankis. Bosque de colinas bajas y medias con suelos limo arenosos. 0190768, 9655075. 520-710 m. 03-VIII-2011. *I. Huamantupa, D. Neill, N. Pitman & C. Kajekai, 15157* (USM, F). Loreto. Maynas; Distrito San Antonio del Estrecho, Cabeceras del Ere. Bosque de tierra firme colinas altas. 01° 39.5' 56.5" LS 073° 42' 18.8" LW. 20 octubre 2012. I. *Huamantupa & W. Trujillo, 16673* (USM, CUZ, F).

## Agradecimientos

Al Herbario Nacional de Ecuador QCNE, que a través de la Blga. Elsa Toapanta nos brindó las facilidades de acceso a las colecciones. Al Dr. Robin Foster por su apoyo en la obtención de una pasantía en el Field Museum de Chicago y el MO, igualmente a Tyana Watcher y Juliana Phillips, con su apoyo logístico durante mi estadía en USA. A la Dra. Nancy Hensold, por la revisión del manuscrito. A la Dra. Olga Martha Montiel y al Dr. Ronald Liesner, por su apoyo logístico y en la revisión de las Vochysiaceae en el MO. A Janeth Santiana y al Dr. Jesús Muñoz por la bibliografía facilitada.

## Literatura Citada

**Benavides, P. J.** 2007. El Centro experimental amazónico (C. E. A.), Mocoa, Putumayo, y la relación de algunas especies vegetales reportadas en el sendero "El Mirador". Boletín Científico - Centro de Museos - Museo de Historia Natural Vol. XI, enero - diciembre, 2007, 33 – 43 pp.

**Gentry, H. A.** 1988a. Tree species richness of upper Amazonian forests. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 85: 156–159 pp.

**Gentry, H. A.** 1988b. Changes in plant community diversity and floristic com¬position on environmental and geographical gradients. Annals of the Missouri Botanical Garden 75: 1–34 pp.

**Knapp, S.; McNeill, J. & N. J. Turland.** 2011. Changes to publication requirements made at the XVIII International Botanical Congress in Melbourne what does e-publication mean for you?. PhytoKeys 6: 5–11 pp.

**Litt, A.** 2004. Vochysiaceae. En: Smith, N., S. A. Mori, A. Henderson, D.W. Stevenson & S.V. Heald (eds.). Flowering Plants of the Neotropics. New York Botanical Garden, New York. 396-398 pp.

**Marcano-Berti, L.** 2005. Vochysiaceae. *In* Berry, P.E., K. Yatskievych & B.K. Holst, (eds). Flora of the Venezuelan Guayana. Vol. 9. Missouri Botanical Garden Press, St. Louis. 500-524 pp.

**Myers, N.; Mittermeier, R.A.; Mittermeier, C.G. *et al.*** 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. Nature 403, 853–858 pp.

**Pitman, N. C. A.; Terborgh, J. W.; Silman, M. R.; Núñez, P. V.; Neill, D. A.; Cerón, C. E.; Palacios, W. A. & M. Aulestia,** 2001. Dominance and distribution of tree species in upper Amazonían terra firme forests. Ecology 82: 2101–2117.

**Neil; D.; I. Huamantupa; Pitman., K.; Jakejai, R.; Foster R. & C. Vriesendorp.** 2012. Vegetación y Flora. En: Peru: Cerros Kampankis. Rapid Biological and Social Inventories Report 25. The Field Museum, Chicago. 88-96 pp.

**Rodríguez, E.; S. Arroyo; V. Medina; D. Neill; R. Vásquez; R. Rojas & J. Campos.** 2006. Nuevas Adiciones de Angiospermas a la Flora del Perú procedentes de la Cordillera del Cóndor y Áreas Adyacentes. Arnaldoa 13(2): 318 – 322 pp.

**Sierra, R.** 1999. Propuesta preliminar de un sistema de clasificación de la vegetación para el Ecuador continental. Proyecto INEFAN/GEF-BIRF y EcoCiencia. 192 pp.

**Stafleu, F. A.** 1948. A monograph of the Vochysiaceae. I. *Salvertia* and *Vochysia*. Recueil des Travaux Botanique Néerlandaise 41: 398–540 pp.

**Steege, H.; Pitman, N.; Sabátier, D. & H. Castellanos.** 2003. A spatial model of tree α-diversity and tree density for the Amazon. Biodiversity and Conservation 12: 2255–2277 pp.

**UICN.** 2001. Categorías y Criterios de la Lista Roja de la UICN.Versión 3.1. Preparado por la Comisión de Supervivencia de Especies de la UICN. UICN, Gland, Suiza y Cambridge, Reino Unido.

**Ulloa Ulloa, C. & D. Neill.** 2006. *Phainantha shuariorum* (Melastomataceae), una especie nueva de la Cordillera del Cóndor, Ecuador, disyunta de un género Guayanés. Novon. 16: 281–285.

**Valencia, R.; R. B. Foster; G. Villa; R. Condit; J. C. Svenning; C. Hernández; K. Romoleroux; E. Losos; E. Magard & H. Balslev.** 2004. Tree species distributions and local habitat variation in the Amazon: Large forest plot in eastern Ecuador. Journal of Ecology 92: 214–229 pp.

**Vallejo, H. L. & C. A. Delgado.** 1990.- Reconocimiento de los paisajes y de los sistemas productivos en la Intendencia Nacional del Putumayo. URPA, Unidad Regional de Planificación Agropecuaria, Mocoa, Putumayo. 56 pp.

**Vásquez, R. & O. Phillips.** 2000. Allpahuayo: Floristics, Structure, and Dynamics of a High Diversity Forest in Amazonían Perú. Annals of the Missouri Botanical Garden 87: 499–527 pp.

**Vásques, M. R.; G. R. Rojas & H. van der Werff.** 2010. Flora del Río Cenepa, Amazonas – Perú. MBG. Press. 1557 pp.

**Warming, E.** 1875. Vochysiaceae et Trigoniaceae In: C. P. F. Martius, Flora brasiliensis 13(2): 1–116.

*Arnaldoa* 19(2): 149 - 153, 2012 ISSN: 1815 - 8242

# *Gentiana sirensis* (Gentianaceae), a new species from the Cordillera El Sira, Peru

## *Gentiana sirensis* (Gentianaceae), nueva especie de la Cordillera El Sira, Perú

***James S. Pringle***
Royal Botanical Gardens. P.O. Box 399, Hamilton, Ontario. CANADA L8N 3H8
*jpringle@rbg.ca*

### Abstract

*Gentiana sirensis*, a new species from the Cordillera El Sira, Peru, is described. This species differs from the widespread G. *sedifolia* in its annual habit, larger plant size, more erect stems, and scabridulous stems, leaf margins, and calyx tubes. It differs from *G. beamanii*, of Guatemala, in its larger plant size, ovate-oblong corolla lobes, and longer filaments.
**Key words:** Cordillera El Sira, *Gentiana*, Gentianaceae, Peru.

### Resumen

Se describe *Gentiana sirensis*, una nueva especie de la Cordillera El Sira, Perú. Se diferencia de *G. sedifolia*, de gran distribución, por el hábito anual, son plantas más grandes, tallos más erectos, así como los tallos, los márgenes de las hojas, y los tubos del cáliz escabriúsculos. Se diferenica de *G. beamanii*, de Guatemala, por las plantas más grandes, los lobulos ovado-oblongos de la corola, y los filamentos más largos.
**Palabras claves:** Cordillera El Sira, *Gentiana*, Gentianaceae, Peru.

### Introduction:

The Cordillera El Sira is an isolated mountain range in the upper Amazon Basin of Peru, with a maximum elevation of ca. 2500 m. It has been described as a unique ecosystem, and is renowned for its endemic species of vertebrates. Its habitats and biota are therefore of great conservation concern. Endemic plant species are likewise to be expected in this ecologic and biogeographic "island." *Gentiana sirensis*, named and described here, is one such species. It is the only species of *Gentiana* known from Dpto. Ucayali, and is disjunct by ca. 150 km from any other representative of the genus.

### Materials and Methods:

*Gentiana sirensis* is described from three collections comprising a total of ten plants, sent from the herbarium of the Field Museum of Natural History to the Royal Botanical Gardens for identification; digital images of the replicates of these three collections at MOL; and digital images of the plants in flower and fruit, taken in situ by James G. Graham, collector of the specimens. Habitat data were provided by Dr. Graham. Abbreviations for herbaria follow Thiers (continually updated).

***1. Gentiana sirensis*** J.S. Pringle, sp. nov. Figs. 1,2.

TYPE: PERU. **Ucayali**. Prov. Coronel Portillo, Distr. Iparia, cabecera de la cuenca (oeste) del río Ariapo, afluente del río Ucayali. Alturas del cerro Ariapo, Reserva Comunal El Sira, 2000--2500 m, S 9° 28' 38", W 74° 35' 07", 18 - XI - 2009. *J.G. Graham 5427* (holotype MOL; isotypes F, HAM).

*Species Gentiana sedifolia affinis, habitu annuo plantis majoribus erectioribusque et caulibus minute scabridulosis differens.*

Fig. 1. *Gentiana sirensis*. A, part of Graham 5427 (HAM); B, part of Graham 5753 (HAM).

Fig. 2. *Gentiana sirensis*. A, portion of corolla, adaxial view, with stamens. B, pistil. C, portion of calyx, abaxial view. D, fruit, with persistent calyx and corolla. Drawn from Graham 5427 (HAM).

**Herbaceous** annuals, 8--30 cm tall (including peduncles and flowers). **Stem** single at base, usually erect throughout or decumbent in basal ⅓ or less, with primary and (on larger plants) secondary branches throughout much of its height, all branches strongly ascending; some plants more extensively decumbent. Leaves gradually more widely separated distally, those above the proximal ¼ to ⅓ of stem ± evenly spaced, mid-stem and distal internodes mostly 4--18 mm, 0.7--1.3x as long as leaves. **Leaves** generally all persistent at flowering time, medium green or lower or most leaves sometimes becoming ± yellowish, all linear-oblong to linear-lanceolate, 7--15 x 0.6--2 mm or lowest 1 to 6 pairs smaller, lower leaves proximally ascending, distally ± arcuately spreading, gradually transitional to upper leaves strongly ascending throughout; apices short-acuminate; connate-sheathing bases of leaf-pairs 1--3 mm. White leaf margins absent or poorly developed except toward apices of distal leaves, where they are up to 0.1 mm wide. Leaf margins, stems in lines decurrent below leaf margins, and calyx tubes along primary veins minutely scabridulous. **Flowers** usually 5-, occasionally 4-merous, solitary, terminating all branches; peduncles 2--14 mm. Calyx 7--12 mm; lobes all similar, erect or ascending, narrowly triangular, acuminate, 2.2--5.5 mm long, 0.9--1.4 mm wide at base, white margins 0.1--0.2 mm wide, keel absent. Corolla nearly salverform, 10--18 mm (measured closed), predominantly white, tube proximally pale yellow, throat as viewed adaxially with small clusters of dark purple dots in lines below lobes, dots crowded proximally, scattered distally, lobes as viewed abaxially suffused with green and purple except toward margins; tube narrowly obconic; lobes ovate-oblong, 3.5--6 x 1.8--2.5 mm, subacute, margins distally minutely ± erose; appendages triangular, 1.3--4 mm, ca. 0.7x as long as lobes, acute to acuminate, margins erose. Stamens inserted at ca. 0.33x height of corolla tube; filaments very slender, 2.5--4 mm; anthers creamy white, ca. 1.5 mm. Ovary elliptic-ovoid, subsessile at anthesis, stipe later elongating. **Capsule** obovoid before dehiscence, 3--6 x 2--3 mm; valves distally with a whitish margin ca. 0.1 mm wide, margin crisped after dehiscence; valves of dehisced capsule spreading widely from near base; distal ⅓ to all of capsule exserted above marcescent corolla, but less than 2 mm of stipe. **Seeds** medium brown, ellipsoid, tapering toward ends, ca. 1 mm long x 0.5 mm in diameter; seed coat finely striato-reticulate.

***Additional material:***

PERU. **Dpto. Pasco**. Prov. Oxapampa, Distr. Puerto Bermúdez, falda dentro las cuencas del río Ariapo y río Iparia, afluentes del río Ucayali, y quebrada Chinchihuani, afluente del río Pichis. Reserva Comunal El Sira, 2000 - 2050 m, S 9º 28' 38", W 74º 35' 07", 20 - XI - 2009, *J.G. Graham 5531* (F, HAM, MOL). PERU. Ucayali. Prov. Coronel Portillo, Distr. Iparia, cabecera de la cuenca (oeste) del río Ariapo, afluente del río Ucayali. Alturas del cerro Ariapo, Reserva Comunal El Sira, 2000 - 2500 m, S 9º 28.49', W 74º 35.02', 17-XII-2009, *J.G. Graham 5753* (F, HAM, MOL).

*Gentiana sirensis* is fairly common above 2000 m, on an undulating, dissected plateau, where the prevalent vegetation is elfin forest (bosque enano). This species was found in wet sites, intensely sunlit in clear weather but often misty or rainy, where the trees and shrubs were widely scattered, in poor, clayey soils. Specimens 5427 and 5531 were found in a waterlogged, low-lying spot dominated by Cyperaceae, and 5753 on a ridgetop, in mixed vegetation dominated by terrestrial ferns, bromeliads, and orchids, with the surrounding vegetation having a maximum height of 1 m (James G. Graham, in sched., all specimens cited here, and personal communication, 12 Jan 2012, deposited in the archives of the Royal Botanical Gardens).

The genus *Gentiana* L., as it is represented in South America, is described and contrasted with related genera in Pringle (1995). *Gentiana sirensis*, like all other South American species of *Gentiana*, is appropriately placed in sect. Chondrophyllae Bunge s. lat., which is described in Pringle (1979).

From *Gentiana sedifolia* Kunth, which is native from Costa Rica south to Bolivia and Chile and is widepread in Peru, *G. sirensis* differs in habit. It is evidently monocarpic, having a slender tap root present at flowering time, no caudex bearing the remains of

leaves or stem bases from previous seasons, and no rosettes or non-flowering stems accompanying the flowering stems. Aside from a curve or curves which may or may not be present near the base of the primary stem, the plants are usually erect or nearly so, with all branches strongly ascending. *Gentiana sedifolia*, in contrast, is perennial. The plants form densely several- to many-stemmed tufts or small patches. Its flowering stems are decumbent, often strongly so, although the distal portions may be erect. Plants of *G. sirensis* are the largest in South American *Gentiana*, with a maximum stem length of ca. 30 cm, whereas that of *G. sedifolia* is ca. 15 cm, although most stems are less than 8 cm. In *G. sirensis*, the leaf margins, the stems, in lines below the leaf margins, and the calyx tubes, along the primary veins, are minutely scabridulous, whereas in *G. sedifolia* those parts are smooth except sometimes for distally scabridulous leaf margins. Other species native to Peru are more strongly dissimilar. *Gentiana casapaltensis* (Ball) J.S. Pringle consists of small, tufted, perennial plants, with the currently leafy portions of the stems generally less than 1 cm. The proximal leaves of both *G. microphylla* Griseb. and *G. gayi* Griseb. are spatulate to obovate, and the leaves of *G. microphylla* have conspicuous white margins to 0.3 mm wide.

In habit and in leaf morphology *Gentiana sirensis* is similar to *G. beamanii* J.S. Pringle, of Guatemala, which is described and illustrated in Pringle (1979). *Gentiana sirensis* differs from *G. beamanii* in its more closely spaced leaves; more extensively and more conspicuously scabridulous leaf and calyx-lobe margins; calyx lobes longer in proportion both to the length of the tube and to their own width; corolla tube flaring more gradually; corolla lobes ovate-oblong, longer than wide, rather than widely ovate-triangular and slightly wider than long; corolla appendages acute to acuminate rather than obtuse; predominantly white corollas; and stamens inserted proportionately lower in the corolla tube, with longer free filaments.

***Etymology.*** *Gentiana sirensis* is named for the type locality, to call increased attention to the biological diversity and high endemism in the Cordillera El Sira, and thereby to encourage concern for the preservation of that biodiversity.

**Acknowledgments**. I am very grateful to Dr. James G. Graham for providing images of the plants in situ and the herbarium specimens at MOL, and for information on the habitat of this species.

## Literature cited

**Pringle, J.S.** 1979. Taxonomy and distribution of *Gentiana* (Gentianaceae) in Mexico and Central America. II. Sect. Chondrophyllae. Sida 8: 14 - 33 pp.

**Pringle, J.S.** 1995. Gentianaceae. Flora of Ecuador 53: 1-131 pp.

**Thiers, B.** [continually updated]. Index Herbariorum: A global directory of public herbaria and associated staff. New York Botanical Garden's Virtual Herbarium, New York, NY, U.S.A. http://sweetgum.nybg.org/ih/ (accessed 30 Nov 2011).

*Arnaldoa* 19(2): 155 - 166, 2012 ISSN: 1815 - 8242

# Morphology and anatomy of the seedlings of Malvaceae weed species

## Morfología y anatomía de las plántulas de las malezas en la familia Malvaceae

***Gracielli de Oliveira Santos, Luiz Antonio de Souza, Adriana Lenita Meyer Albiero & Ismar Sebastião Moscheta***

Universidade Estadual de Maringá, Departamento de Biologia, Avenida Colombo, 5790, Maringá, Paraná, BRASIL. *lasouza@uem.br*

## Abstract

The morphology and the anatomy of seedlings are described for three weed species, such as *Malvastrum coromandelianum* (L.) Garcke, *Sida regnellii* R. E. Fries and *Sida rhombifolia* L. (Malvaceae). Seedlings of the three species are phanerocotylar and epigeal in which cotyledons and eophylls present different shapes. Although the general anatomy of the seedlings among the species is uniform, there may be differences in the structure of the epidermis (epicuticular waxes and trichomes) as well as in the number of cell layers in the mesophyll (cotyledons and eophylls).

**Key Words:** root, hypocotyl, cotyledon, epicotyl, eophyll.

## Resumen

La morfología y la anatomía de plántulas fueron descritas para tres especies de malezas, como *Malvastrum coromandelianum* (L.) Garcke, *Sida regnellii* R. E. Fries and *Sida rhombifolia L.* (Malvaceae). Las plántulas de las tres especies son fanerocotilares y epígeas en que los cotiledones y eofilas presentan formas diferentes. Aunque la anatomía general de las plántulas entre las especies es uniforme, puede haber diferencias en la estructura de la epidermis (cera epicuticular y tricomas) así como en el número de capas celulares en el mesofilo (cotiledones y eofilos).

**Palabras clave:** raíz, hipocótilo, cotiledone, epicótilo, eofila.

## Introduction

The weed species can be considered as pioneer plants under the botanical-ecological point of view. In another way, they are plants evolutionary developed for colonization of areas where, for some reason, the original vegetation was deeply altered, occurring great richness of niches to the plant growth (Lorenzi, 2008). According to this author the weed function is to create an appropriate environment to the beginning of the population succession which will culminate in the re-establishment of the original vegetation.

Knowledge of life-cycle of Magnoliophyta (Angiospermae) is of vital importance, especially in the tropics, because of the high diversity of species. The germination period of the seed, the survivorship and the establishment of the plant in the initial stages of development are critical in the preservation of a species. The first vegetative phase of a plant after the seed germination of the so-called seedling has enormous value in the study of the population dynamics, in the forestry, in the storage of seeds, in the arboretum works, and in the forest preservation and regeneration (Souza, 2009a). Failure in the adaptation process in the seedling stage may take the species to the extinction (Amo-Rodrigues & Gomez-Pompa, 1976).

There is somewhat of literature dealing with the morphology of the Malvaceae seedling. Duke (1965) studied seedlings in Puerto Rico forests presenting descriptions of *Gossypium* and *Hibiscus* ones. Burger Hzn (1972) made methodical descriptions and illustrations of seedlings from a number of tropical trees and a few subherbaceous plants in south-east

Asia standing out seedlings of *Hibiscus* and *Thespesia*. Ng (1980) presented data on the germination of 335 species of Malaysian plants (trees, shrubs, lianas) presenting a *Hibiscus* species. Finally, Mourão *et al.* (2007) analyzed the seedling morphology and the juvenile stage of several species, among them *Sida rhombifolia* L. However, it was not found registration for the anatomical study of Malvaceae seedlings.

The morphological and anatomical investigation of weed leaves has been receiving the attention of researchers, being considered that the leaves are paths of herbicide penetration in the process of chemical control of plants. Cuticle (epicuticular waxes), trichomes and stomata should be studied to acquire a better understanding of the barriers each species imposes to herbicide penetration. Studies on the herbicide absorption in adult leaves have been made by several investigators (Audus, 1976; Devine, 1990; Hess & Falk, 1990; Ferreira *et al.*, 2003; Procópio *et al.*, 2003).

Here seedlings of *Malvastrum coromandelianum* (L.) Garcke, *Sida regnellii* R. E. Fries and *Sida rhombifolia* L. (Malvaceae) were presently investigated, not only to contribute to the understanding of the structure of root, hypocotyl, cotyledons, epicotyl and eophylls, but equally to supply leaf surface features for their use in weed control.

## Material and methods

The fruits and seeds of *M. coromandelianum*, *S. regnellii* and *S. rhombifolia* were collected at the Universidade Estadual de Maringa and vacant lot, in Brazil (state of Parana). Voucher materials were deposited at the UEM Herbarium (BRASIL, PARANÁ: Maringá, 05-X-2008, fl. and fr., *L. A. Souza 14191, 15703, 14192* (HUEM).

Seeds were washed in sodium hypochlorite solution and distilled water and finally air-dried. The seeds were laid out to germinate on moist filter paper in Petri dishes, which were placed in germinator TE 400 Tecnal with light- and temperature-controlled. The germinated seeds were sown in soil (mixture of soil and organic substratum in equal proportion) contained in plastic sacs in a greenhouse.

The term seedling was used for phase from the beginning of germination up to stage where it presents expanded eophylls (Souza, 2009a; Souza *et al.*, 2009). The terminology employed in the seedling morphology and classification was based on Rizzini (1977), Vogel (1980), Garwood (1996) and Souza *et al.* (2009). The venation pattern of the cotyledons and eophylls was based on the classification system of Hickey (1979).

For anatomical description of the seedling (root, hypocotyl, cotyledons, epicotyl and eophyll) was employed the terminology of Souza (2009b), and the trichomes were described according to Theobald *et al.* (1979). The seedlings were fixed in glutaraldehyde and FAA50 and latter transferred into alcohol 70%, following the protocol of Johansen (1940). Free-handed, semi-permanent slides with cross-sections (and occasionally longitudinal sections) were made and stained using safranin & astra blue. The fixed seedlings were embedded in historesin and sectioned (cross-sections) in a rotation microtome, carried out according to the usual techniques (Feder & O'Brian, 1968). Sections were stained in toluidine blue (O'Brien *et al.*, 1965). Specific microchemical tests were done for lipid substances (Sudan III) (Johansen, 1940), mucilage (methylene blue) (Costa, 2000), starch (iodine-potassium iodide test) and lignin (phloroglucin test) (Berlyn & Miksche, 1976).

Micromorphological analysis (Bozzola & Russel, 1992) was done with material fixed in glutaraldehyde (cotyledons and eophylls). After washing in 0.1M sodium cacodylate buffer, the samples were dehydrated in a graded acetone series, critical point dried with CO2, and then mounted on aluminum stubbs, gold coated, and subsequently examined using scanning electron microscopy (Shimadzu SS-550 Superscan), obtaining digital images. The terminology of plant epicuticular waxes was made in agreement with Barthlott *et al.* (1998).

Figures were prepared using a light microscope (Willd M20) equipped with a reflex camera. Photographs were taken with the stereomicroscope Leica EZ4D and microscope Olympus BX50 with digital camera Canon Power Shot A95, and subsequently prepared using the

Fig. 1. A-G. Morphology of the seedling. A, B. *Malvastrum coromandelianum* (L.) Gaercke (seedlings 10 and 40 days old); C. detail of figure 1B showing stipule (arrow); D, E. *Sida regnellii* R. E. Fries (seedlings 4 and 20 days old); F, G. *Sida rhombifolia* L. (seedlings 4 and 24 days old);. (co=cotyledon; ep=epicotyl; eo= eophylls; hy=hypocotyl). Bars: Fig. 1.A = 0.15 cm; Fig. 1.B = 1.5 cm; Fig. 1.C = 0.2 cm; Fig. 1.D-G = 0.5 cm

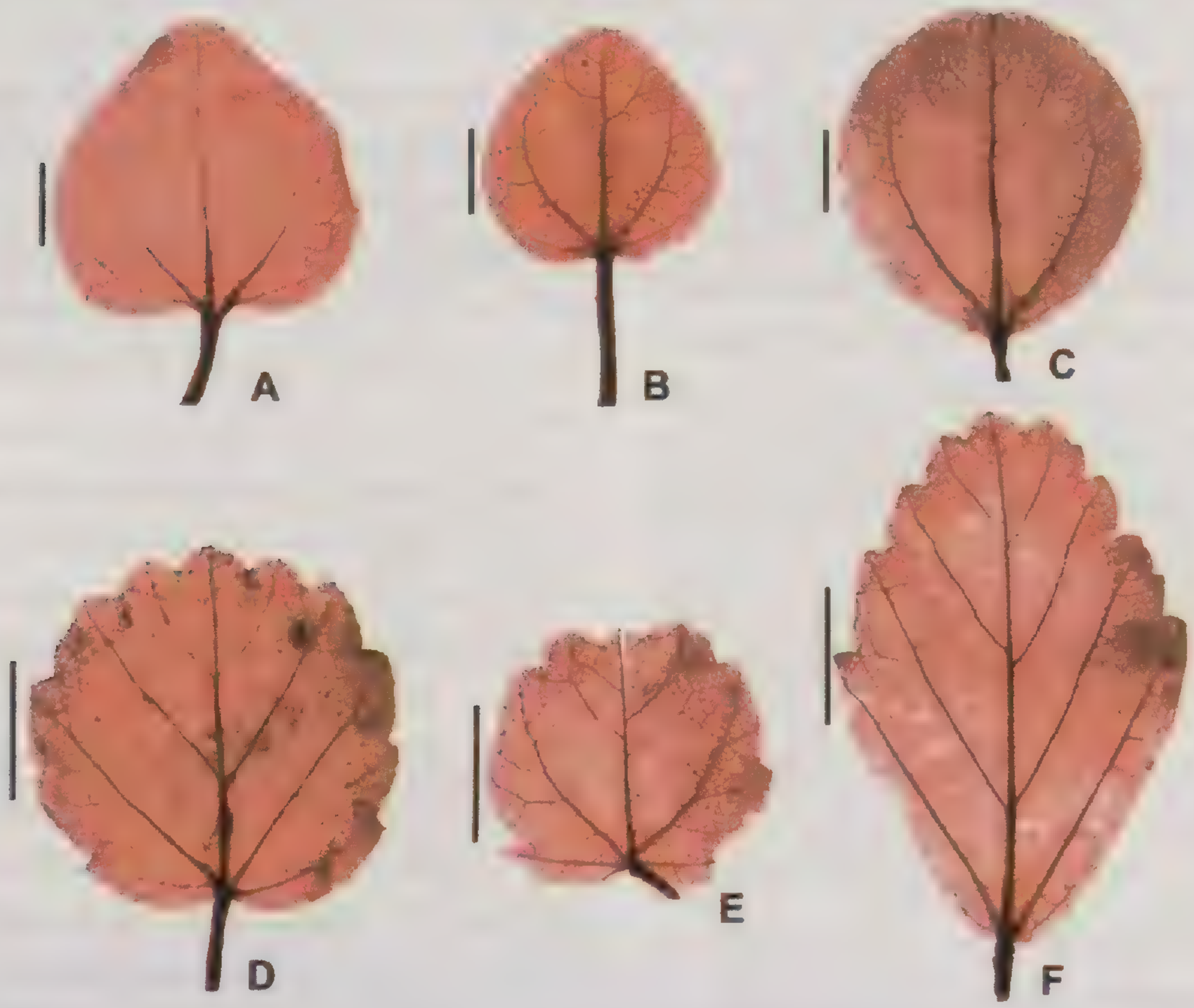



Fig. 2. A-F. Leaf morphology and venation patterns of the cotyledons (A-C) and eophylls (D-F). A, D. *Malvastrum coromandelianum* (L.) Gaercke; B, E. *Sida regnellii* R. E. Fries; C, F. *Sida rhombifolia* L. Bars: Fig. 2.A-C = 2 mm; Fig. 2.D-F = 5 mm

software Zoom Browser EX 4.6. All samples were prepared on the same micrometric scale.

## Results

*Seedling morphology*

Seedlings (Fig. 1) of the three species are phanerocotylar and epigeal. Germination begins with the emergence of the primary root which is pushed out of the seed coat by the elongating hypocotyl. Root is axial and the hypocotyl is long, cylindrical, and green. The cotyledons are thin, green, petiolated and leaf-like. Epicotyl also is long and green. The eophyll is a simple and petiolated leaf without stipules. The collet is indistinguishable. In the seedling phase occurs more eophylls, but they present stipules (Fig. 1C).

Cotyledon morphology differs among the species. *Malvastrum coromandelianum* shows ovate cotyledons, of cordate base to truncate, retuse apex, and entire margin (Figs. 1A,B; 2A). The *S. regnellii* cotyledons are cordiform to orbiculate, of cordate base, obtuse apex, rounded or retuse, and entire margin (Figs. 1D; 2B). *Sida rhombifolia* presents orbiculate cotyledons, rounded or ovate, of rounded base, retuse or obtuse apex with small notch, and entire margin (Figs. 1F; 2C). The venation pattern among the three species is actinodromous perfect basal reticulate (Fig. 2A-C).

There are also differences in the eophyll morphology among the three species. The *M. coromandelianum* eophyll is orbiculate or subrotund, base with small notch, acute apex, and serrate crenate margin (Figs. 1B; 2D). *Sida regnellii* shows eophyll cordiform, of cordate base, obtuse or rounded apex, and crenate margin (Figs. 1E; 2E). The *S. rhombifolia* presents eophyll shape that varies of rhomboid to cuneiform oblong, of cuneiform base, cuneiform or obtuse apex, and margin entire inferior half and mucronate crenate superior half (Figs. 1G; 2F). The venation pattern is the same in the three species, being actinodromous basal perfect marginal (Fig. 2D-F).

*Seedling anatomy*

Primary root presents similar structure in the three species. Epidermis is uniseriate and the cortex is parenchymatous with endodermis having Casparian strips on its walls (Fig. 3A,B). Central cylinder shows parenchymatous pericycle and four poles of protoxylem on the exterior and central mass of metaxylem; alternating with the protoxylem are the strands of primary phloem (Fig. 3A,B). The secondary root growth is made by vascular cambium which differentiates from the procambium and pericycle, and phellogen that arises in the pericycle.

Part of the hypocotyl has an almost indistinguishable structure from the primary root. The transition region root-stem commences in the middle portion of the hypocotyl. In this portion a pith begins to appear, and the primary xylem is spread into a continuous tangential ring surrounding the pith, with four projecting protoxylems (Fig. 3C). This ring becomes broken into four triads, each one composed of a median protoxylem and a pair of metaxylems. The phloem remains unchanged throughout, never undergoing division. This vascular tissue disposition stays even close to the cotyledonary node where it occurs the change of the exarch typical condition of the root to the endarch one, and the arrangement of xylem and phloem assume the collateral position. In the region of the cotyledonary node (Fig. 3D) can be observed the epicotyledonary traces and only a unilacunar trace for each cotyledon. Hypocotyledonary epidermis is uniseriate and presents stomata and trichomes. In the proximal region, the cortex is similar to the root, and when the hypocotyl ascends, the collenchyma appears gradually in the cortex.

The epidermis of the axis and leaves of the seedlings presents varied morphological trichome types. There are the following types of tector trichomes: a) Unicellular pointed trichomes with variable dimensions in length and width (Figs. 4A; 7B); b) Fasciculate trichomes or tufted which ends in a point with two to six trichomes which also present variations in length and width; the trichome base can present thick-walled and simple pits (Fig. 4B,G); c) Stellate rotate trichomes in which the rays (more than five) are in one plane (Fig. 7B); and d) Stellate multiangulate trichomes which arms radiate in two planes (Figs. 4E,F; 7A). The glandular trichomes are multicellular and capitate, being distinguished

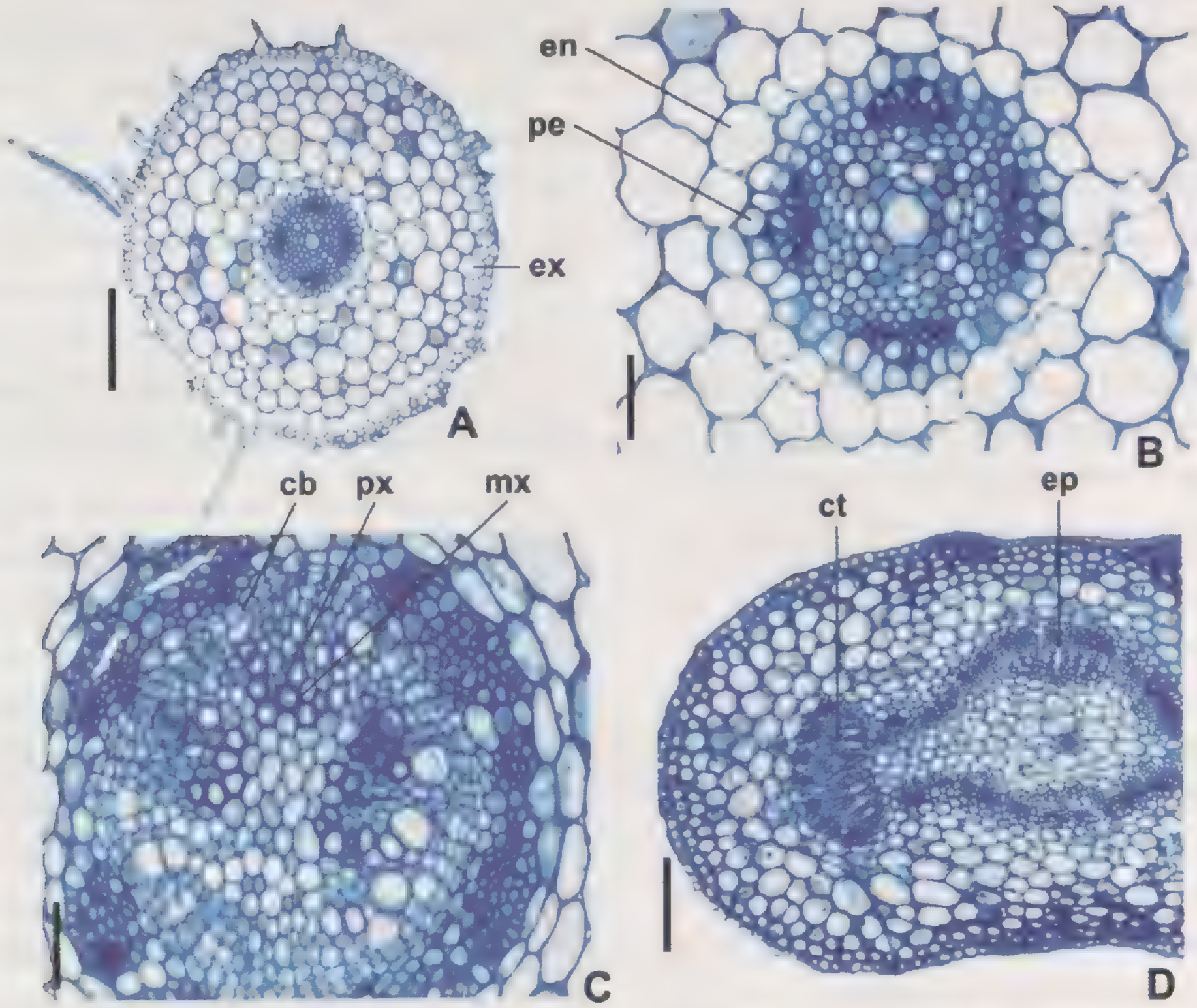



Fig. 3. A-D. LM micrographs of primary root and hypocotyl structure in cross-sections of *Sida regnellii* R. E. Fries (A, B) and *Sida rhombifolia* L. (C, D). A. root/hypocotyl; B. detail of A. C. middle region of hypocotyl; D. Hypocotyl in the cotyledon node region. (cb=cambium; ct=cotyledon trace; en=endodermis; ep=epicotyledonary trace; ex=exodermis; mx=metaxylem; pe=pericycle; px=protoxylem). Bars: Fig. 3.A, D = 150 µm; Fig. 3.B, C = 40 µm

two types: a) Short-stalked trichome (Fig. 4D) with rounded, ovate or ellipsoid multicellular apex; and b) Long-stalked trichome (Fig. 4C) with rounded unicellular apex. In the cotyledonar node it may be present uniseriate multicellular tector trichomes.

Epicotyl has stem structure in the three species. The uniseriate epidermis presents trichomes and stomata, the cortex possesses collenchyma and parenchyma, and the central cylinder shows collateral vascular bundles surrounding the parenchymatous pith (Fig. 5A,B). In the pith occur druses and mucilage cells. With reference to the trichome types, there is variability at the specific level. *Malvastrum coromandelianum* presents tector trichomes, the unicellular and fasciculate one with two to four trichomes, and glandular trichomes with short stalk and ovate or ellipsoid apex. In *S. regnellii* occur fasciculate with three trichomes and both types of capitate glandular trichomes. *Sida rhombifolia* presents all the trichome types described.

Epicotyl and petioles (cotyledons and eophylls) of the three seedlings present a subepidermal cortical layer composed of parenchyma with abundant intercellular spaces (Figs. 5B, 8A). This layer can be continuous or interrupted by collenchyma in the petioles.

Cotyledons present petioles (Fig. 5C) with uniseriate epidermis, consisting of stomata and trichomes. In *Sida* species the petiole presents only parenchyma or parenchyma and collenchyma. In *M. coromandelianum* occur collenchyma and parenchyma (Fig. 5C). Mucilage and druse cells occur in the petioles of the three species. In the petiole there is a single collateral vascular bundle (Fig. 5C) with cambium. The lamina has uniseriate epidermis in which the ordinary cells presented sinuous anticlinal walls being more sinuous in *Sida* species (Fig. 6A,B). The anisocytic stomata are present on both surfaces (Fig. 6A,B). Cotyledon epidermis presents epicuticular waxes as very thin covering (film) in *M. coromandelianum* (Fig. 7C)

and *S. regnellii* (only abaxial face); in the epidermis of *S. rhombifolia* and *S. regnellii* (adaxial epidermis) are developed epicuticular waxes as crusts (Fig. 7D). Mesophyll is dorsiventral (Fig. 5D) with mucilage cells and a single layer of palisade parenchyma in *M. coromandelianum*, and two or three layers in *Sida*. The spongy parenchyma commonly consists of three cell layers in the species. The *M. coromandelianum* lamina is glabrescent, consisting of unicellular and fasciculate trichomes with 2-4 cells in the petiole. In *Sida* lamina and petiole the tector and glandular trichomes occur; these latter trichomes may be short or long stalk.

The eophylls of the three species show at high structural similarity, exhibiting small structural variations. In the petioles (Fig. 8A) there are uniseriate epidermis with trichomes and stomata, collenchyma and parenchyma; the vascularization is made by three collateral bundles being the central one of larger calibre. The lamina of the three species consists of epidermis with a single layer of cells (Fig. 8D), trichomes, mucilage cells and anisocytic stomata (Fig. 6C,D) on both surfaces. Eophyll epidermis presents epicuticular waxes as thin covering (film) in *M. coromandelianum* (Fig. 7E) and formation of crusts in both species of Sida (Fig. 7F). Mesophyll is dorsiventral (Fig. 8D) with mucilage and druse cells. The leaf margin shows isodiametric cells. Midrib (Fig. 8B,C) exhibits collenchyma, parenchyma and a single collateral vascular bundle with fiber primordia in the phloem face.

## Discussion

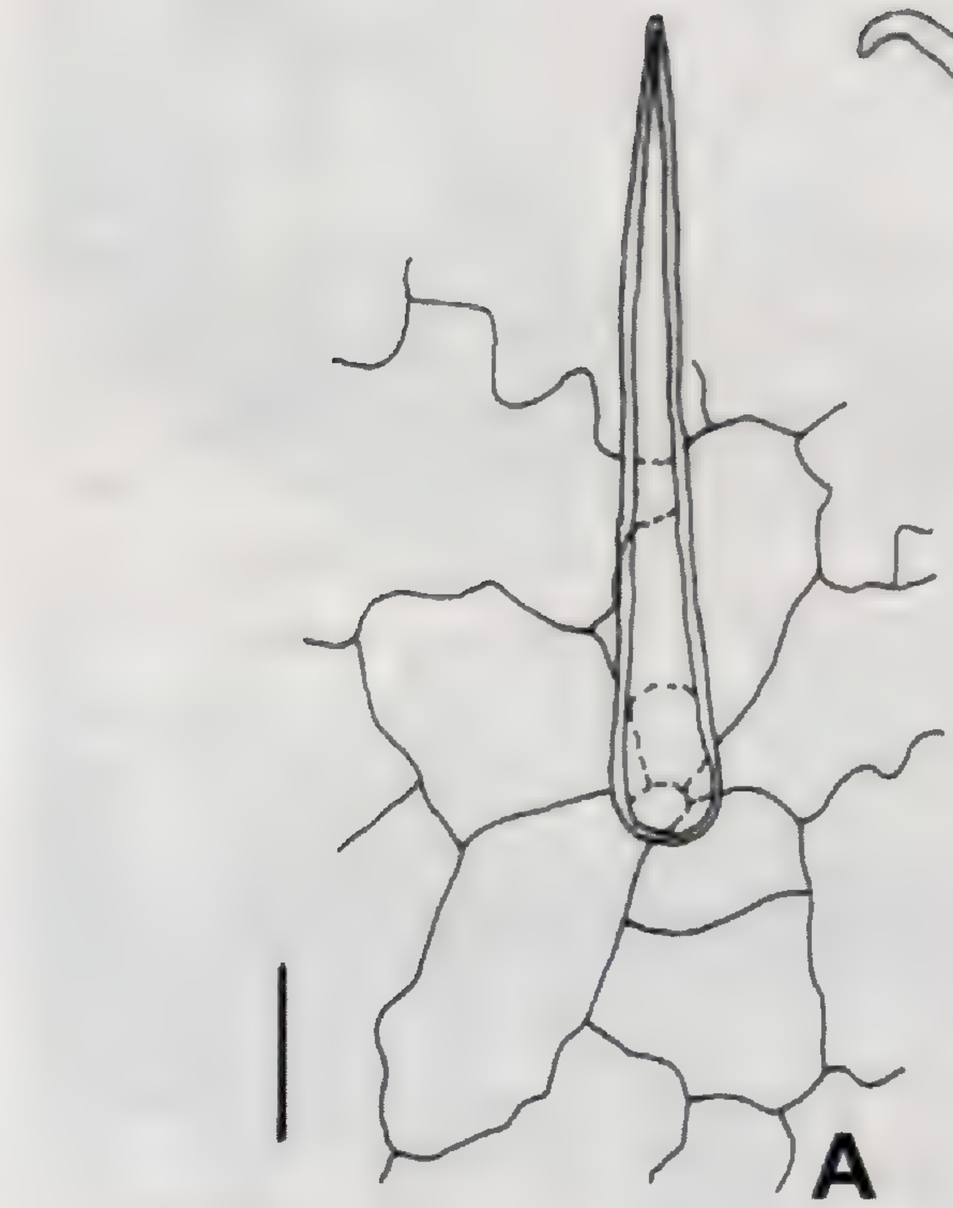
Seedlings of the three studied species are distinguished by lamina shape of the cotyledons and eophylls. Seedlings of these species may be framed at Macaranga type which was formulated by Vogel (1980). In agreement with this author, the Macaranga morphological characters are epigeal germination, phanerocotylar seedlings, thin and leaf-like cotyledons and the first leaves all spirally arranged. Each studied seedling may be classified as PEF (Phanerocotylar, Epigeal, Foliaceous) (Garwood, 1996), being taken into account the persistent foliaceous cotyledons and the pioneering behavior of weeds (Lorenzi, 2008).

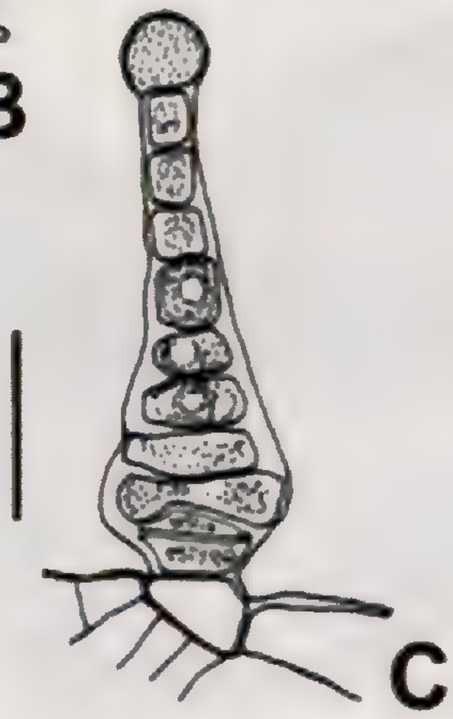
The root is tetrarch and shows the typical primary and secondary growth which is verified in seedlings of eudicotyledons (Souza, 2009b). The tetrarchy and diarchy are common in seedling roots and the former has been considered the basic type because it is associated with arborescent or woody taxa (Eames, 1961; Duke, 1969). The tetrarchy observed in seedlings of herbaceous *Sida* and *Malvastrum* does not seem to be a contradiction because Eames (1961) registers in Asteraceae (Compositae) both types of roots.

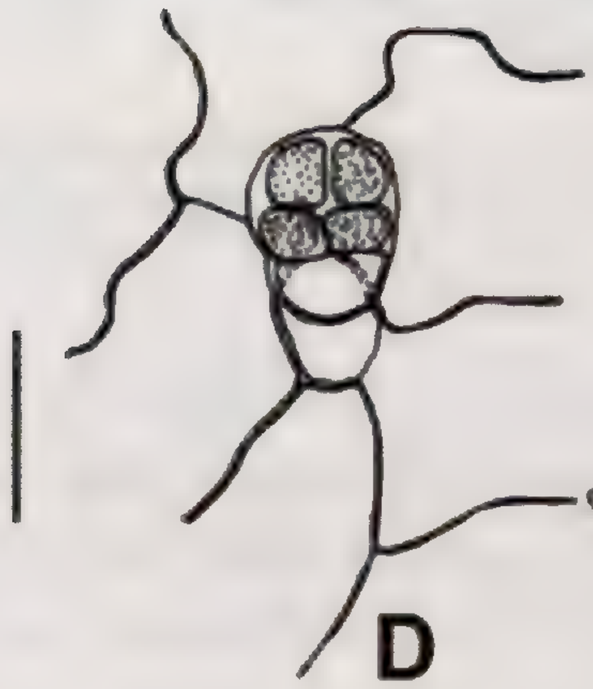
Stems and leaves of Malvaceae present great morphological variation of stellate, tufted, peltate and glandular trichomes (Metcalfe & Chalk, 1957). Seedlings of three Malvaceae species also present different types of tector and glandular trichomes that may be specific diagnostic value. *Sida* seedlings possess capitate long-stalked glandular trichomes which are not present in *M. coromandelianum* ones. Rotate or multiangulate stellate trichomes are found in the first eophyll of *Sida rhombifolia*, whereas the other species are devoid of them. On the other hand, fasciculate tector trichomes in which the trichomes are more prolonged and wider, with thick-walled pitted cells that occur in *M. coromandelianum* were not verified in *Sida*.

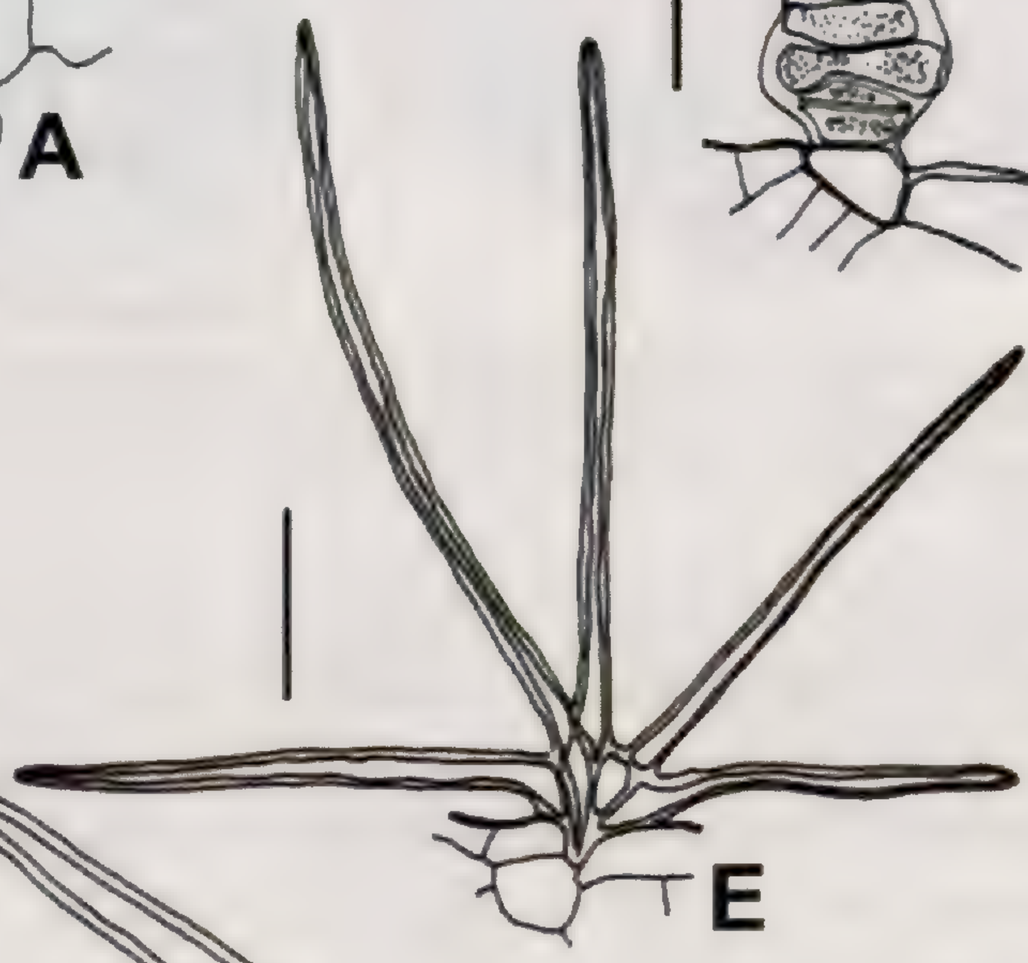
The root-stem transition region of the three species begins approximately in the middle of the hypocotyl. In agreement with the classes of transition (Compton, 1912), the transition region of the *M. coromandelianum* and *Sida seedlings* may be included in the intermediate-high type. The low type of transition begins some distance the external collet and it seems to be common in eudicotyledons, being registered in investigated species of Bignoniaceae, Clusiaceae, Fabaceae and Annonaceae (Souza, 2009b).

The leaf-like cotyledons are similar to the first eophylls concerning *M. coromandelianum* and *Sida* as for the type of venation actinodromous, occurrence and types of tector and glandular trichomes, sinuous anticlinal walls of the epidermal cells, presence of anisocytic stomata, and dorsiventral mesophyll structure. According to Vogel (1980) the leaf-like photosynthetic cotyledons are possibly of different origin than other types, as either foodstoring or haustorial cotyledons.





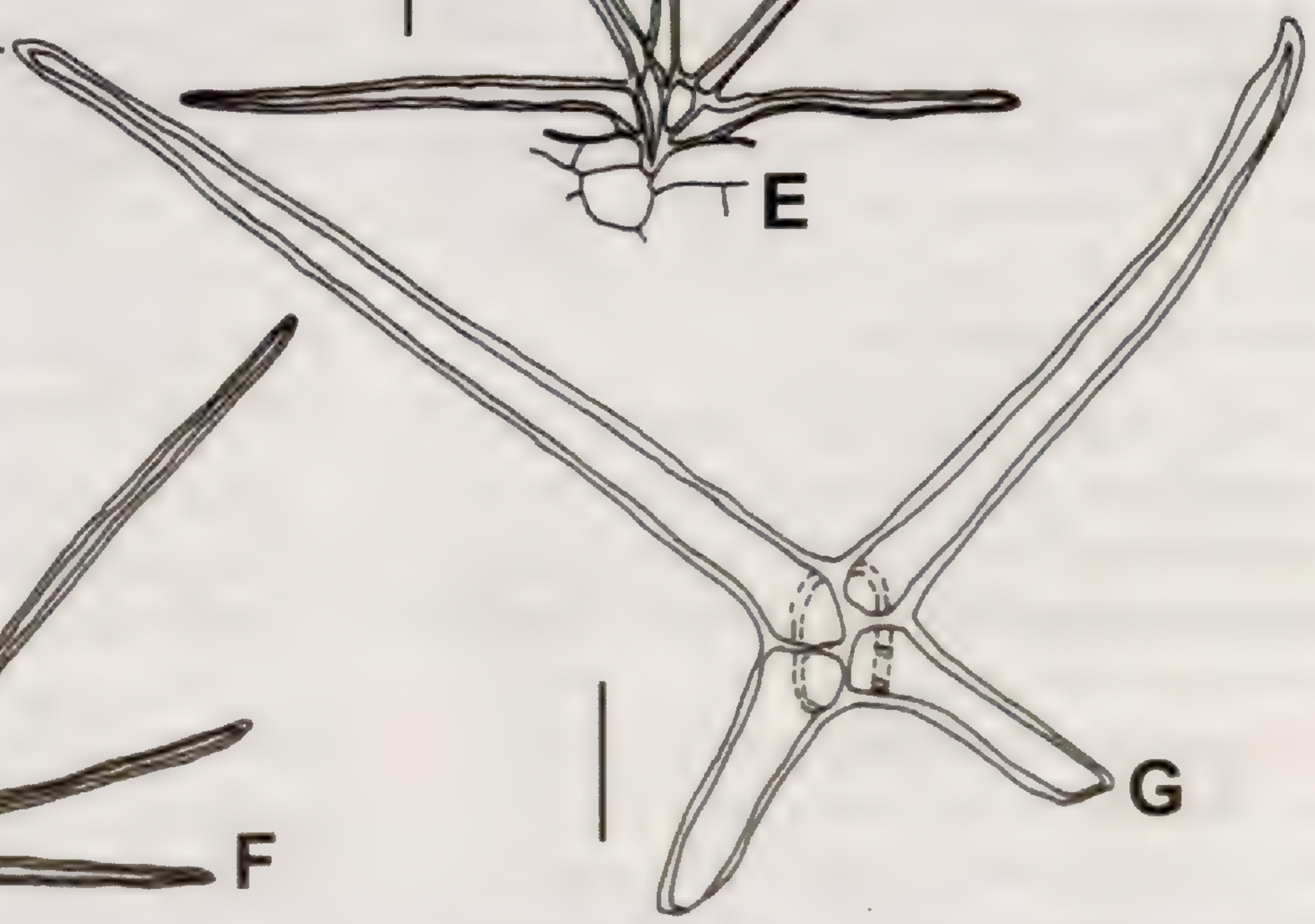



Fig. 4. A-F. Illustrations of trichomes types of *Malvastrum coromandelianum* (L.) Gaercke (D, G), *Sida regnellii* R. E. Fries (A) and *Sida rhombifolia* L. (B, C, E, F). A. unicellular trichome; B, G. fasciculate trichomes; C. long-stalked glandular trichome; D. short-stalked glandular trichome; E, F. stellate multiangulate trichomes. Bars: Fig. 4.A-F = 30 µm

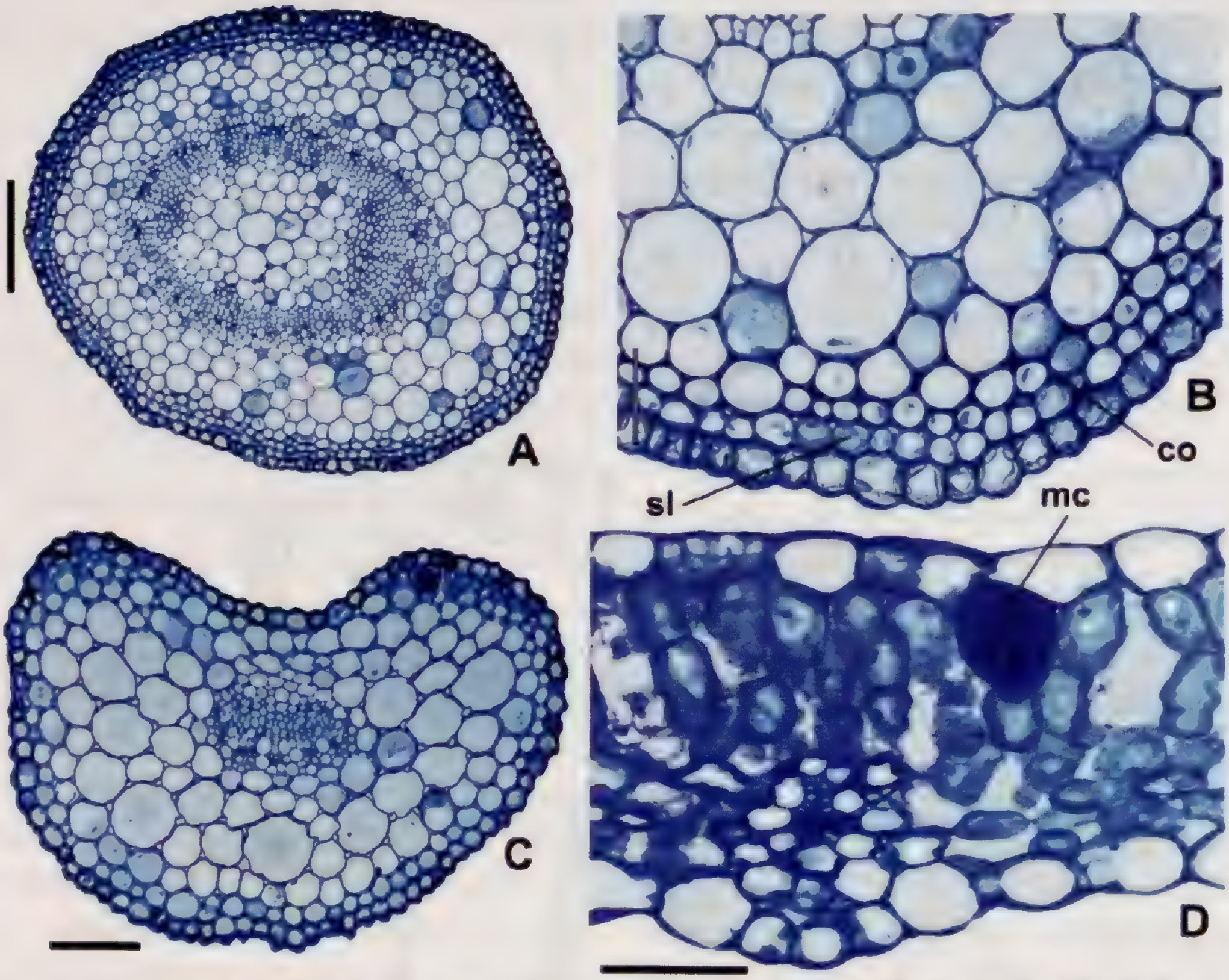



Fig. 5. A-D. LM micrographs of epicotyl (A, B) and cotyledon (C, D) structure in cross-sections. A. general aspect of epicotyl *of Malvastrum coromandelianum* (L.) Gaercke; B. detail of A; C. general aspect of petiole of *Malvastrum coromandelianum* (L.) Gaercke; D. lamina of Sida rhombifolia L. (co=collenchyma; mc=mucilage cell; sl=subepidermal layer). Bars: Fig. 5. A, C = 150 µm; Fig. 5.B = 40 µm; Fig. 5.D = 50 µm

The author emphasizes that at least in a number of examples photosynthetic cotyledons must be regarded as homologous with the lowermost stem leaves, and not directly with haustorial or foodstoring cotyledons. For Vogel (1980) it is better to avoid the term cotyledon for this sort of primary seedling leaves, and to apply another term: paracotyledons.

This Vogel (1980) consideration is based fundamentally on the morphological and functional aspect of the three cotyledon types (foliaceous, foodstoring and haustorial cotyledons). However, anatomical studies of seedlings (Souza, 2009b) have been showing that the primary vascular system of the root, hypocotyl and cotyledons forms a unity, that is, this system presents continuity in the three organs. Another argument contrary to the interpretation of Vogel (1980) for paracotyledon is confirmed by the studies of Benzing (1967) and Takhtajan (1980) about nodal structure. Benzing (1967) correctly points out that anatomy of cotyledonary nodes does not necessarily reflect ancestral conditions in the mature stem. He complements that the unique seedling morphology and decussate insertion of the cotyledons make is unlikely. Besides, *M. coromandelianum* and *Sida seedlings* present important structural difference among the leaves: the cotyledons just have a single trace and the eophylls possess three leaf traces.

Epicotyls, and petioles either cotyledons and eophylls of *M. coromandelianum* and *Sida* present subepidermal layer that may be considered a hypodermis described for Malvaceae species according to Metcalfe & Chalk (1957). Studies about leaf ontogenesis in *Hibiscus tiliaceus* L. e *Hibiscus pernambucensis* Arruda confirmed the presence of a hypodermis (Rocha & Neves, 2000).

General structural characters of leaves and stems of Malvaceae (Metcalfe & Chalk, 1957) may be verified in epicotyls (stems) and eophylls of *M. coromandelianum*

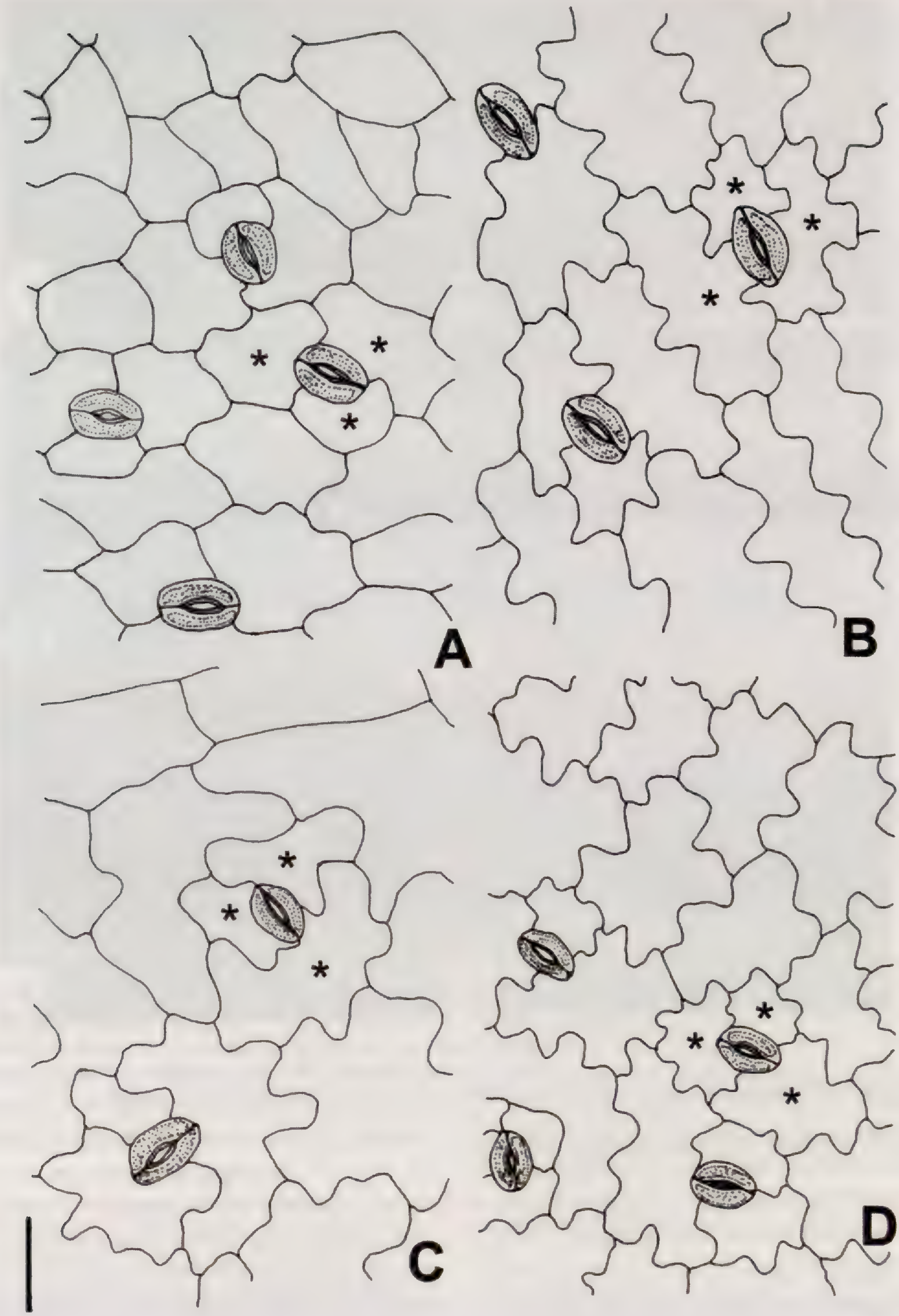



Fig. 6. A-D. LM illustrations of cotyledon and eophyll epidermis in frontal view (abaxial surface) of *Malvastrum coromandelianum* (L.) Gaercke (A, C), *Sida regnellii* R. E. Fries (D) and *Sida rhombifolia* L. (B). A, B. cotyledons; C, D. eophylls. (asterisk=subsidiary cells). Bars: Fig.6.A-D = 30 µm

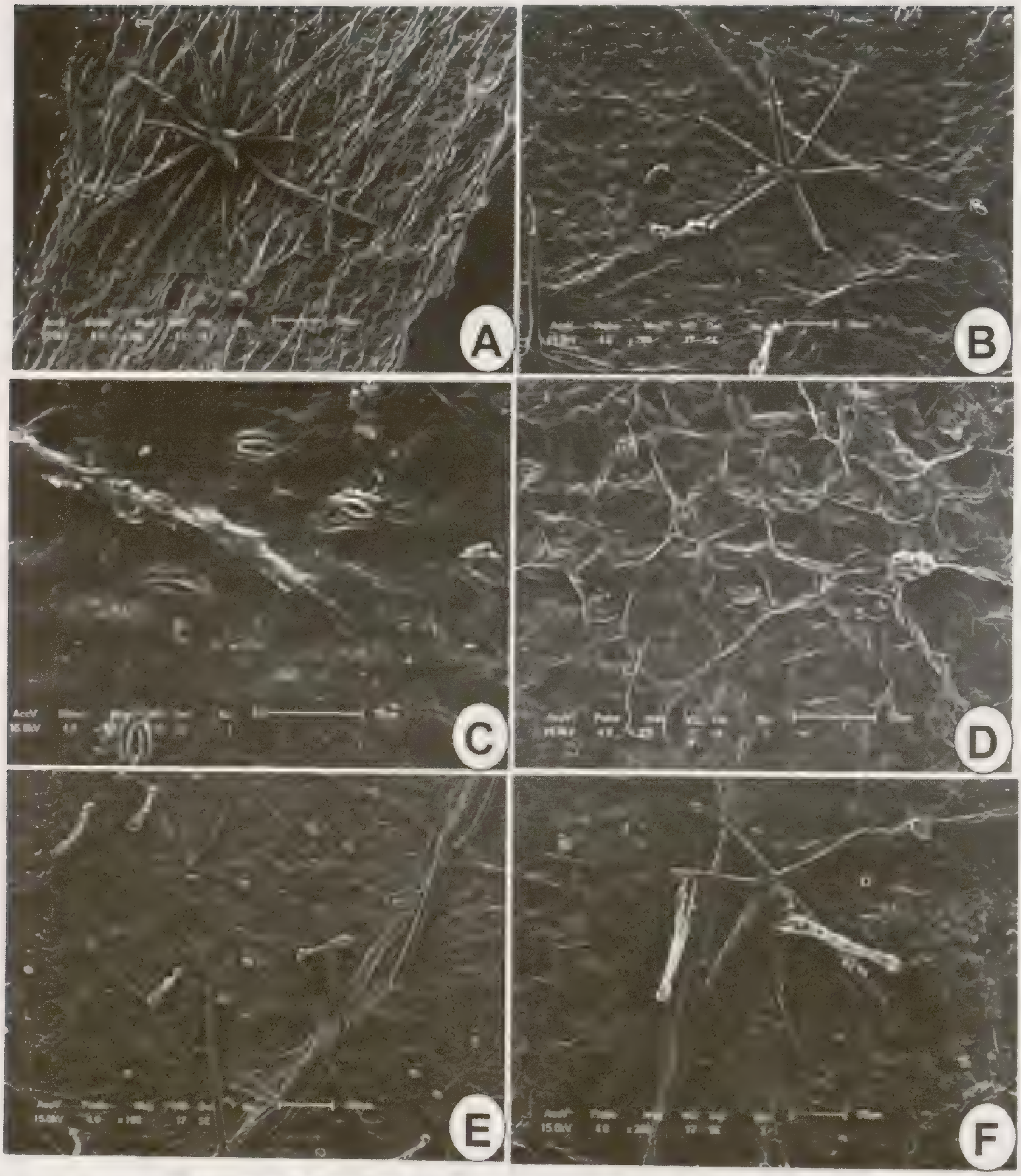



Fig. 7. A-F. SEM micrographs of seedling leaf surfaces of *Malvastrum coromandelianum* (L.) Gaercke (B, C, E) and *Sida rhombifolia* L. (A, D, F). A. abaxial face of the eophyll with stellate multiangulate trichome; B. adaxial face of the eophyll with unicellular and stellate trichomes; C, D. abaxial and adaxial surfaces of the cotyledons; E, F. adaxial and abaxial surfaces of the eophylls.

and *Sida seedlings:* unicellular tector trichomes, multicellular glandular trichomes, mucilage cells in the parenchyma and epidermis, dorsiventral leaf with stomata on both surfaces, fibers on the phloem surface, and pith exhibiting parenchyma with thin-walled cells.

Variations in the following features of the eophylls are found to be of specific diagnostic value: trichome and layer number of palisade parenchyma. *Malvastrum coromandelianum* presents either nonglandular or glandular trichomes in the petiole and leaf lamina; the former is unicellular and fasciculate with two to four trichomes, and the glandular trichomes are short-stalked. In this species the palisade parenchyma presents a single layer of elongated and short cells. *Sida regnellii* also presents unicellular and fasciculate (2-6 trichomes) nonglandular trichomes, and the glandular ones are short-stalked and long-stalked trichomes. In *S. regnellii* the palisade parenchyma three cell layers are registered. The same types of nonglandular trichomes

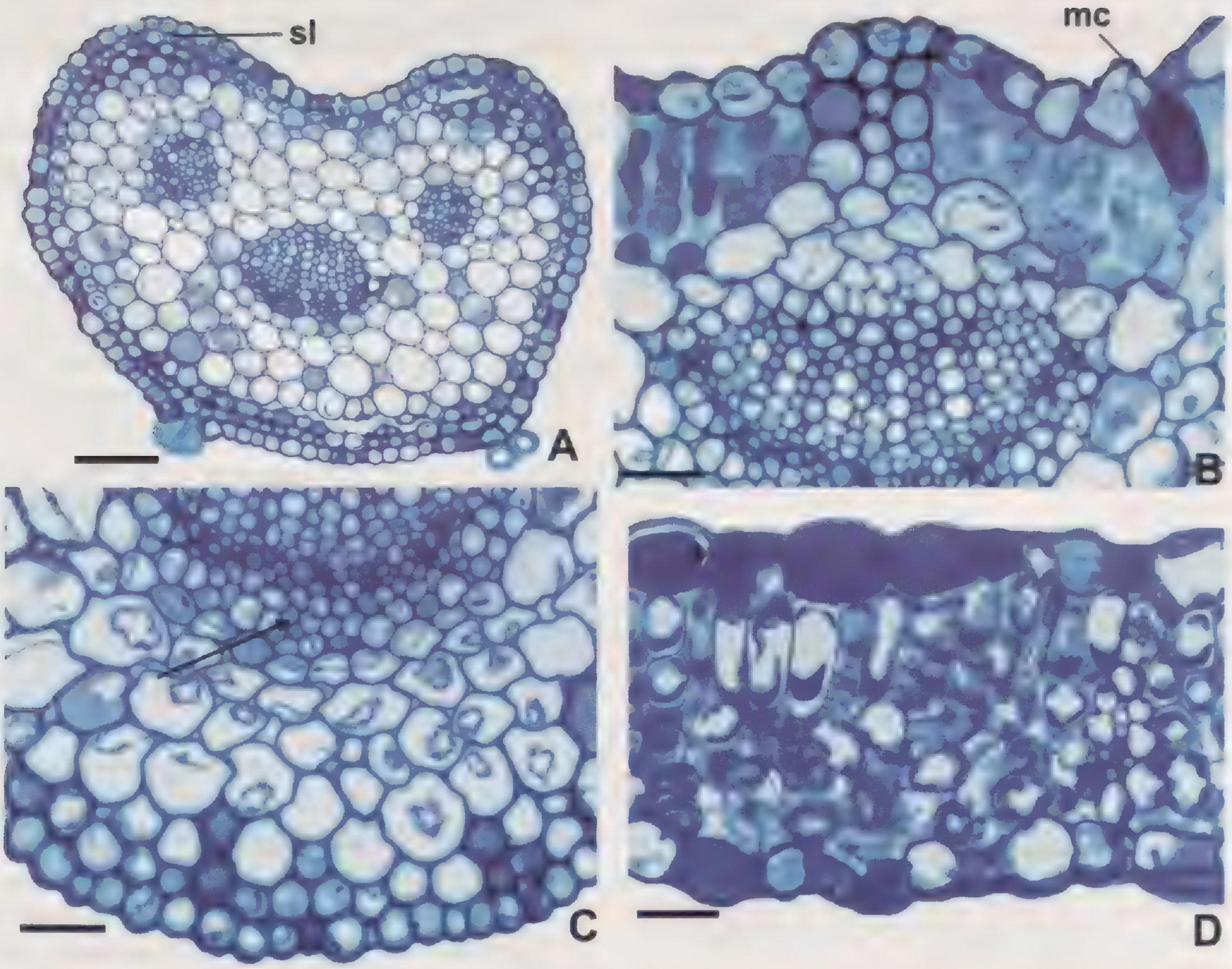



Fig. 8. A-D. – LM micrographs of eophyll structure in cross-sections. A, D. petiole and lamina of *Malvastrum coromandelianum* (L.) Gaercke; B, C. midrib of *Sida rhombifolia* L. (mc=mucilage cell; sl=subepidermal layer; the arrow indicates the fiber primordia). Bars: Fig. 8.A = 150 µm; Fig. 8.B-D = 40 µm

as in *S. regnellii* are observed in *S. rhombifolia*, but in the latter occurs other trichome types such as stellate rotate and stellate multiangulate. Still in *S. rhombifolia* occur short-stalked glandular trichomes and palisade parenchyma with two cell layers.

Seedling features that are potentially significant in species characterization are summarized in Tab. 1.

## Acknowledgments

We thank CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, Brazil) for the support granted to the accomplishment of this work (PIBIC Grant to G. O. Santos and Research grant to L. A. Souza). We also thank Dr. O. A. Guimarães, UFPR, Brazil, and Dr. M. Bovini, Jardim Botânico do Rio de Janeiro, for the species identification.

## Literature Cited

**Amo-Rodriguez, S. & A. Gomez-Pompa.** 1976. Crescimiento de estados juveniles en plantas de selva tropical alta perennifolia, páginas: 540-565, *in* A. Gómez-Pompa *et al.*, editores. Investigaciones sobre la regeneración de selvas altas en Veracruz, México. Editorial Continental, México.

**Audus, L. J.** 1976. The physiology and biochemistry of herbicides. 2nd ed. Academic Press, New York.

**Barthlott, W; C. Neinhuis; D. Cutler; F. Ditsch, I. Meusel; I. Theisen & H. Wilhelmi.** 1998. Classification and terminology of plant epicuticular waxes. Botanical Journal of the Linnean Society 126: 237-260.

**Benzing, D. H.** 1967. Developmental patterns in stem primary xylem of wood Ranales. American Journal of Botany 54: 805-820.

**Berlyn, G. P. & J. P. Miksche.** 1976. Botanical microtechnique and cytochemistry. The Iowa State University, Ames.

**Bozzola, J. J. & L. D. Russell.** 1992. Electron microscopy. Jones and Bartlett Publishers, Boston.

**Burger Hzn, D.** 1972. Seedlings of some tropical trees and shrubs mainly of South East Asia. Centre for Agricultural Publishing and Documentation, Wageningen.

**Compton, R. H.** 1912. Investigation of the seedling structure in the Leguminosae. Journal of the Linnean Society 41: 1-122.

**Costa, A. F.** 2000. Farmacognosia - farmacognosia experimental. Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa.

**Devine, M. D.** 1990. Mechanisms of herbicide deposition on leaf surfaces. Weed Science 38: 279-285.

**Duke, J. A.** 1965. Keys for the identification of seedlings of some prominent woody species in eight forest types in Puerto Rico. Annals of the Missouri Botanical Garden 52: 314-350.

**Duke, J. A.** 1969. On tropical tree seedlings. I. Seeds, seedlings, systems, and systematics. Annals of the Missouri Botanical Garden 56: 125-161.

**Eames, A. J.** 1961. Morphology of the angiosperms. McGraw-Hill Book Company, New York.

**Feder, N. & T. P. O'Brien.** 1968. Plant microtechnique - some principles and new methods. American Journal of Botany 55: 123-142.

**Ferreira, E. A.; S. A. Procópio; A. A. Silva. & R. J. N. Rufino.** 2003. Estudos anatômicos de folhas de espécies de plantas daninhas de grande ocorrência no Brasil. IV – *Amaranthus deflexus*, *Amaranthus spinosus*, *Alternanthera tenella* e *Euphorbia heterophylla*. Planta Daninha 21: 263-271.

**Garwood, N. C.** 1996. Functional morphology of tropical tree seedlings, pages: 59-129, *in* M. D. Swaine, editor. The ecology of tropical forest tree seedlings. The Parthenon Publishing Group, Paris.

**Hess, F. D. & R. H. Falk.** 1990. Herbicide deposition on leaf surfaces. Weed Science 38: 280-288.

**Hickey, L. J.** 1979. A revised classification of the architecture of dicotyledonous leaves, pages: 25-39, *in* C. R. Metcalfe & L. Chalk, editors. Anatomy of the dicotyledons (systematic anatomy of leaf and stem, with brief history of the subject). Clarendon Press, Oxford.

**Johansen, D. A.** 1940. Plant microtechnique. McGraw-Hill, New York.

**Lorenzi, H.** 2008. Plantas daninhas do Brasil - terrestres, aquáticas, parasitas e tóxicas. 4a edição. Instituto Plantarum de Estudos da Flora, Nova Odessa.

**Metcalfe, C. R. & L. Chalk.** 1957. Anatomy of the dicotyledons - leaves, stem, and wood in relation to taxonomy with notes on economic uses. At the Clarendon Press, Oxford.

**Mourão, K. S. M.; L. Domingues & J. Marzinek.** 2007. Morfologia de plântulas e estádios juvenis de espécies invasoras. Acta Scientiarum, Biological Sciences 29: 261-268.

**NG, F. S. P.** 1980. Germination ecology of Malaysian woody plants. Malaysian Forester 43: 406-437.

**O'Brien, T. P.; N. Feder & M. E. Mccully.** 1965. Polychromatic staining of plant cell walls by toluidine blue O. Protoplasma 59: 368-373.

**Procópio, S. O.; E. A. Ferreira; E. A. M. Silva; A. A. Silva & R. J. N. Rufino.** 2003. Estudos anatômicos de folhas de espécies de plantas daninhas de grande ocorrência no Brasil. IV – *Leonurus sibiricus*, *Leonotis nepetaefolia*, *Plantago tomentosa* e *Sida glaziovii*. Planta Daninha 21:403-411.

**Rizzini, C. T. 1977.** Sistematização terminológica da folha. Rodriguésia 29: 103-125.

**Rocha, J. F. & L. J. Neves.** 2000. Anatomia foliar de *Hibiscus tiliaceus* L. e *Hibiscus pernambucensis* Arruda (Malvaceae). Rodriguésia 51: 113-132.

**Souza, L.A.** 2009a. Morfologia e anatomia vegetal - célula, tecidos, órgãos e plântula. Editora Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa.

**Souza, L. A.** 2009b. Anatomia da plântula e do tirodendro, páginas: 193-252, *in* L. A. Souza, organizador. Sementes e plântulas - germinação, estrutura e adaptação. Todapalavra Editora, Ponta Grossa.

**Souza, L. A; I. S. Moscheta; K. S. M. Mourão; A. L. M. Albiero; D. R. Montanher & A. A. S. Paoli.** 2009. Morfologia da plântula e do tirodendro, páginas: 119-190, *in* L. A. Souza, organizador. Sementes e plântulas - germinação, estrutura e adaptação. Todapalavra Editora, Ponta Grossa.

**Takhtajan, A. L.** 1980. Outline of the classification of flowering plants (Magnoliophyta). Botanical Review 46: 225-359.

**Theobald, W. L.; J. L. Krahulik & R. C. Rollins.** 1979. Trichome description and classification, pages: 40-53, *in* C. R. Metcalfe & L. Chalk, editors. Anatomy of the dicotyledons - systematic anatomy of leaf and stem, with brief history of the subject. Clarendon Press, Oxford.

**Vogel, E. F.** 1980. Seedlings of dicotyledons - structure, development, types. Pudoc/Centre for Agricultural Publishing and Documentation, Wageningen.

*Arnaldoa* 19(2): 167 - 176, 2012 ISSN: 1815 - 8242

# Composición florística y estructura de los bosques secos de la Provincia de Loja, Ecuador

## Floristic composition and structure of the dry forests of the Province of Loja, Ecuador

***Ing. Zhofre Aguirre Mendoza***
Universidad Nacional de Loja, Casilla Postal S, Loja - ECUADOR. *zhofrea@yahoo.es*.

***Ynocente Betancourt & Gretel Geada L.***
Universidad de Pinar del Río, Av. José Martí No. 270, Pinar del Río, CP 20100. CUBA.

## Resumen

Se estudió la composición florística y estructura de los bosques secos de la Provincia de Loja. Se establecieron 100 parcelas de muestreo de 20 x 20 m. donde se registró todos los individuos leñosos mayores o iguales a 5 cm de $DAP_{130}$, el muestreo fue validado con la curva área-especie. Con los datos se calculó los índices de diversidad de Shannon, Equidad de Pielau y Simpson. Para el agrupamiento de las parcelas se usó el programa PC ordenation, se calculó el índice de diversidad cualitativo y cuantitativo de Sorensen. La estructura horizontal de los bosques se expresa con los parámetros ecológicos: densidad relativa, frecuencia, dominancia, índice valor de importancia y distribución diamétrica. La estructura vertical se analiza mediante la descripción de los estratos de la vegetación. Se registraron 58 especies dentro de 51 géneros y 29 familias. La diversidad es calificada como media donde tienen gran influencia las especies abundantes y dominantes. Se identificaron tres grupos de bosques, cada uno caracterizado por especies típicas de los bosques secos, fácilmente diferenciables en el campo por la densidad y fisionomía de la vegetación. La vegetación de los tres tipos de bosques tienen similitud florística media. Las especies ecológicamente importantes son: *Ceiba tichistandra, Simira ecuadorensis, Tabebuia chrysantha, Eriotheca ruizii* y *Terminalia valverdeae*.
**Palabras clave:** diversidad, estructura, distribución diamétrica, composición.

## Abstract

The composition floristic and structure was studied of the dry forests of the Province of Loja. 100 parcels of sampling of 20 x 20 m, where it registered all the bigger woody individuals or similar to 5 cm of $DBH_{130}$, the sampling was validated with the curve area-species. With the data it was calculated the indexes of diversity of Shannon, Justness of Pielau and Simpson. For the cluster of the parcels the computer program PC ordination was used, the qualitative and quantitative index of diversity of Sorensen was calculated. The horizontal structure of the forests is expressed with the ecological parameters: relative density, frequency, dominance, index value of importance and distribution diametric. The vertical structure is analyzed by means of the description of the strata of the vegetation. It registered 58 species inside 51 generous and 29 families. The diversity is qualified as mean where they have great influence the abundant and dominant species. Three groups of forests were identified, each one characterized by typical species of the dry forests, easily differentiable in the field for the density and physiognomy of the vegetation. The vegetation of the three types of forests has similarity half floristic. The species ecologically important are: *Ceiba tichistandra, Simira ecuadorensis, Tabebuia chrysantha, Eriotheca ruizii* and *Terminalia valverdeae*
**Key words:** diversity, structure, distribution diametric, composition.

## INTRODUCCIÓN

Desde su origen, la especie humana ha sobrevivido mediante el uso de las especies silvestres encontradas a su alrededor. La utilización de la flora por parte de los grupos humanos incluye no solo la extracción esporádica, sino también el uso sustentable. La población ha explotado en forma desmedida, conduciendo al deterioro y desaparición local o global de las especies de los bosques. Estos procesos se dan por el desconocimiento de la estructura, composición y función de los ecosistemas.

Conocer la estructura y composición de los bosques es importante ya que permite visualizar las posibilidades futuras de aprovechamiento de productos forestales maderables y no maderables. A esto se suma que en el Ecuador por tradición las poblaciones que viven cerca de los bosques aprovechan las plantas para diferentes usos, especialmente para madera y otros usos como: medicina, fibras, látex, forraje, frutos, insecticidas (Ríos, 1993; Cerón, 1993; Hernández & Josse, 1997); Fundación Ambiente y Sociedad, 2003; Rojas & Manzur, 1995).

Los bosques secos de Ecuador son formaciones caducifolias donde más del 75 % de sus especies vegetales pierden estacionalmente sus hojas (Aguirre & Kvist, 2005; Lamprecht, 1990; Linares & Ponce, 2005). Se encuentran ubicados en dos áreas: sobre la costa pacífica centro, Provincias de: Esmeraldas, Manabí, Santa Elena, Guayas y; en la costa sur y estribaciones occidentales de los Andes: El Oro y Loja. Originalmente el 35 % (28 000 km$^2$) del Ecuador occidental estaba cubierto por bosque seco, se estima que el 50 % habría desaparecido (Sierra *et al.*, 1999).

En la Provincia de Loja este ecosistema se encuentra entre 0 a 1000 msnm, incluyen tierras bajas y estribaciones occidentales bajas de la cordillera de los andes. El 31 % (3 400 km$^2$) de la Provincia de Loja (11 000 km$^2$) es bosque seco, ubicados sobre terrenos colinados y de pendientes fuertes (Herbario Loja *et al.*, 2001, 2003; Aguirre *et al.*, 2006; Aguirre & Kvist, 2009).

Se han realizado estudios para conocer los bosque secos por parte de: Klitgaard *et al.* (1999), Herbario Loja *et al.* (2001); Herbario Loja *et al.* (2003); Neill (2000); Madsen *et al.* (2001); Aguirre *et al.* (2001); Aguirre & Delgado (2005), Aguirre *et al.* (2006), Espinoza *et al.* (2012), quienes reportan datos florísticos generales, inventarios de madera e indicios de su estado de conservación.

Se presenta los resultados de estudio a profundidad de los bosques secos de la provincia de Loja, que ha permitido conocer su composición y estructura, información que se constituye en una herramienta importante para plantear acciones de manejo de estos bosques.

## Material y Métodos

*Área de estudio*

El estudio se desarrolló en los cantones de la Provincia de Loja que poseen bosque seco, ubicados entre 197 a 1000 msnm, la provincia tiene una superficie de 11 000 km$^2$, ubicada en el extremo sur del Ecuador en el límite con el Perú (Fig. 1).

*Diversidad, composición florística y estructura del bosque*

Se muestrearon 100 parcelas de 20 x 20 m (400 m$^2$), distribuidas en cuatro sectores: La Ceiba, Algodonal, Laipuna y La Ceiba Grande. Se registraron los individuos arbóreos y arbustivos con diámetros mayores o iguales a 5 cm de $D_{1.30}$ (Cerón, 1993; Moreno, 2001; Aguirre, 2010). La validéz del muestreo fue comprobado con la curva área-especie.

Se calcularon los índices de diversidad de Shannon (H´), Equitatividad de Pielou (E) y Simpson ($\lambda$) (Moreno, 2001). Para la similitud entre las parcelas se realizó el análisis de conglomerados jerárquico mediante la medida de similitud de Bray-Curtis usando el programa PC-ORD para Windows versión 4,17 (McCune & Mefford, 1999). Para comparar la diversidad entre los grupos de bosque, se calculó los índices de similitud cualitativo y cuantitativo de Sorensen (1948).

Para describir la estructura horizontal del bosque se calculó: abundancia relativa, frecuencia relativa, dominancia relativa e índice valor de importancia ecológica (Mostacedo & Fredericksen 2000; Moreno, 2001) y la distribución de abundancia de árboles por clases diamétricas según Kraft (1884) citado por Álvarez & Varona (2006). La estructura vertical se presenta mediante la descripción de los estratos

## Resultados y Discusión

Estructura de los bosques secos de la Provincia de Loja.

*Diversidad de especies*

Se determinó que con 80 parcelas se encuentra representada la diversidad de especies del bosque seco

Fig. 2. Curva área-especies para los bosques secos de la Provincia de Loja.

(Fig. 2). Se identificaron 58 especies de las cuales 39 son árboles y 19 arbustos, que pertenecen a 51 géneros y 29 familias de plantas leñosas ≥ a 5 cm a $D_{1.30}$.

De acuerdo a los resultados de los índices de Shannon (H´), Equidad de Pielou (E) y Simpson (λ), la diversidad del bosque en general es calificada media según Valle (2001) considerando los tres índices (Tabla 1), lo que también es expuesto por Aguirre *et al.*, (2001), Aguirre & Delgado (2005), Linares & Ponce *et al.*, (2005), Aguirre *et al.*, (2006).

esto indica que el bosque conserva su estructura original, donde los cinco elementos florísticos nombrados son los típicos y característicos. Similares resultados fueron obtenidos por Aguirre *et al.* (2001, 2006, 2009); Klitgaard *et al.* (1999) en bosques secos del sur de Ecuador, y Linares & Ponce (2005) y Linares *et al.* (2010) para los bosques secos peruanos.

La estructura diamétrica de los bosques secos está caracterizada por la concentración de individuos en las seis primeras clases diamétricas, determinando un

Tabla 1. Indices de diversidad calculados

| Tipo de Bosque | Shannon H´ | Equidad Pielou (E) | Índice de Simpson (λ) |
|---|---|---|---|
| Grupo I | 2,45 | 0,64 | 0,85 |
| Grupo II | 2,38 | 0,69 | 0,86 |
| Grupo III | 2,71 | 0,80 | 0,91 |
| Bosque Total | 2,82 | 0,7 | 0,89 |
| Significancia (Valle, 2001) | **Media** | **Media-alta** | **Alta** |

### Estructura horizontal general de los bosques secos de la provincia de Loja

Las especies ecológicamente importantes (IVIe) de los bosques secos de la Provincia de Loja son: *Ceiba tichistandra, Simira ecuadorensis, Tabebuia chrysantha, Eriotheca ruizii y Terminalia valverdeae,* bosque con individuos delgados, lo cual pudiera estar asociado a prácticas de tala selectiva. La distribución por clases diamétricas (Fig. 3) no se corresponde con la "J" invertida, descrita por Lamprecht (1999) y Gunter *et al.* (2011) que se espera en bosques naturales y bosques regulares.

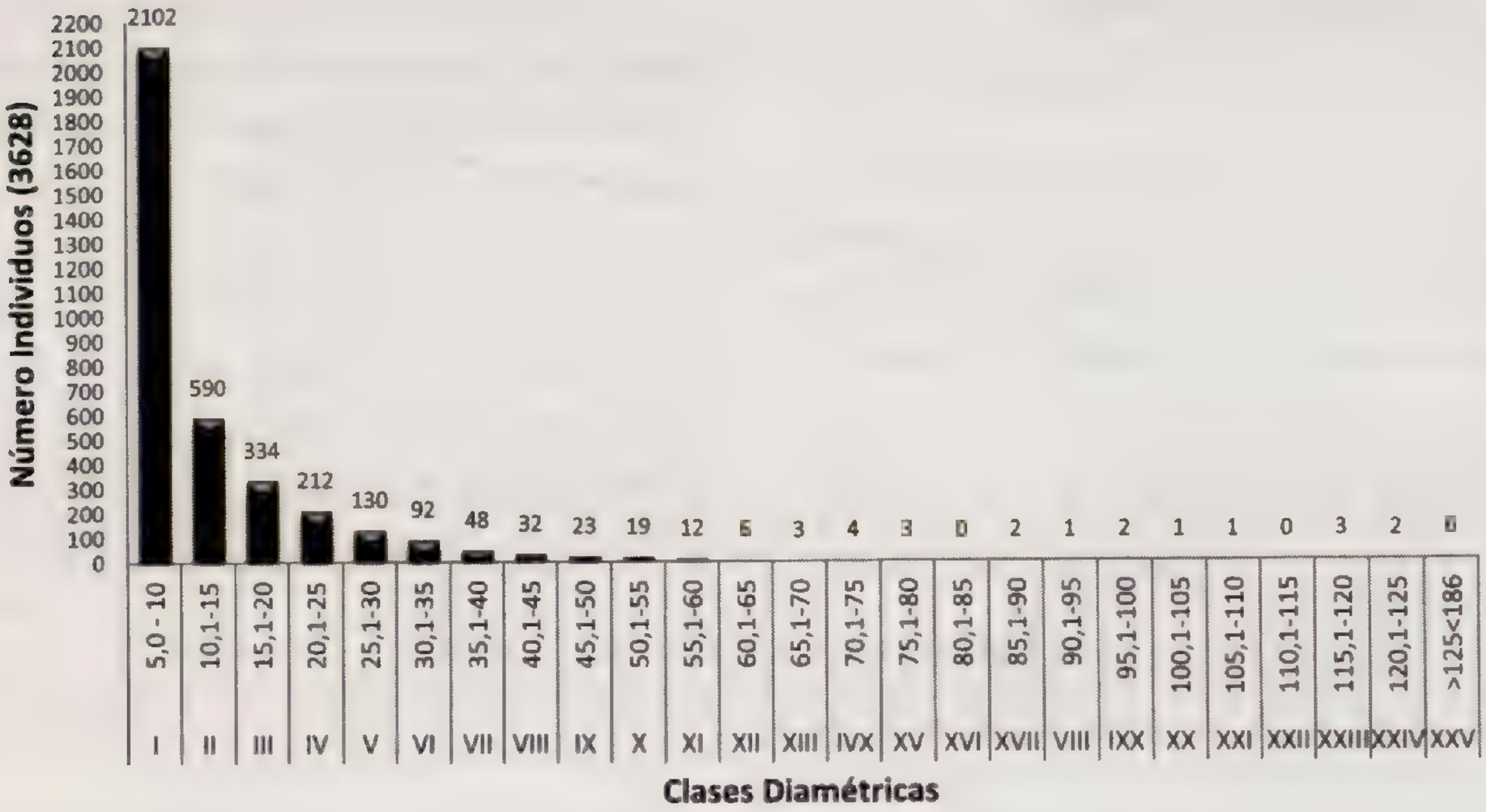



Figura 3. Estructura diamétrica general de los bosques secos de Loja.

## Estructura vertical general de los bosques secos de la Provincia de Loja.

Se diferencian tres estratos, en el estrato dominante sobresalen las Bombacaceae: *Ceiba trichistandra* y *Eriotheca ruizii*, además *Tabebuia chrysantha*, *Cochlospermun vitifoliun*. El estrato codominante está constituido por *Geoffroea spinosa, Bursera graveolens, Guazuma ulmifolia, Terminalia valverdae* y *Prosopis juliflora*. En el estrato dominado se encuentran: *Simira ecuadorensis, Prockia crucis, Pithecellobium excelsum*, *Ipomoea pauciflora* y *Achatocarpus pubescens*. En el sotobosque se encuentran arbustos cuya vivacidad depende de la temporada del año, sobresalen *Crotton* sp., *Phyllanthus* sp., *Ipomoea carnea* y poáceas anuales, similares hallazgos son reportados en estudios del Herbario Loja *et al.* (2001), Aguirre *et al.* (2009), Linares & Ponce (2005).

## Diversidad beta del bosque seco de la Provincia de Loja.

Se determinaron tres agrupamientos (Fig. 4), que corresponden a tipos de vegetación diferenciables por su estructura, fisonomía y localización en el campo. Cuando se calcula el índice de Sorensen cualitativo, se determina que los bosques del grupo I y III son medianamente similares (60 %) y comparten 23 especies; los bosques del grupo I y II son medianamente similares (64 %) con 25 especies compartidas y los bosques del grupo II y III se parecen menos (56 %) con 17 especies compartidas (Tabla 3).

Tabla 3. Similitud florística de los grupos de bosque seco de la provincia de Loja.

| Índice de Sorensen Cualitativo | | | |
|---|---|---|---|
| | Grupo I | Grupo II | Grupo III |
| Grupo I | - | 0,64 | 0,60 |
| Grupo II | 25 | - | 0,56 |
| Grupo III | 23 | 17 | - |
| **Índice de Sorensen Cuantitativo** | | | |
| | Grupo I | Grupo II | Grupo III |
| Grupo I | | | |
| Grupo II | 0,55 | | |
| Grupo III | 0,16 | 0,14 | |

## Descripción de los grupos de bosque secos determinados.

**Grupo I: Bosque seco de *Simira ecuadorensis, Tabebuia chrysantha, Cordia macrantha, Terminalia valverdeae, Piscidia carthagenensis* y *Ceiba trichistandra.***

Se desarrollan en un gradiente altitudinal de 200 a 600 msnm, en los sitios: La Ceiba, Cazaderos, Mangahurco, Cochas, Romeros, Paletillas. En terrenos de fisiografía colinada, con pendientes regulares de 25°. La vegetación es densa, no está fragmentada, el

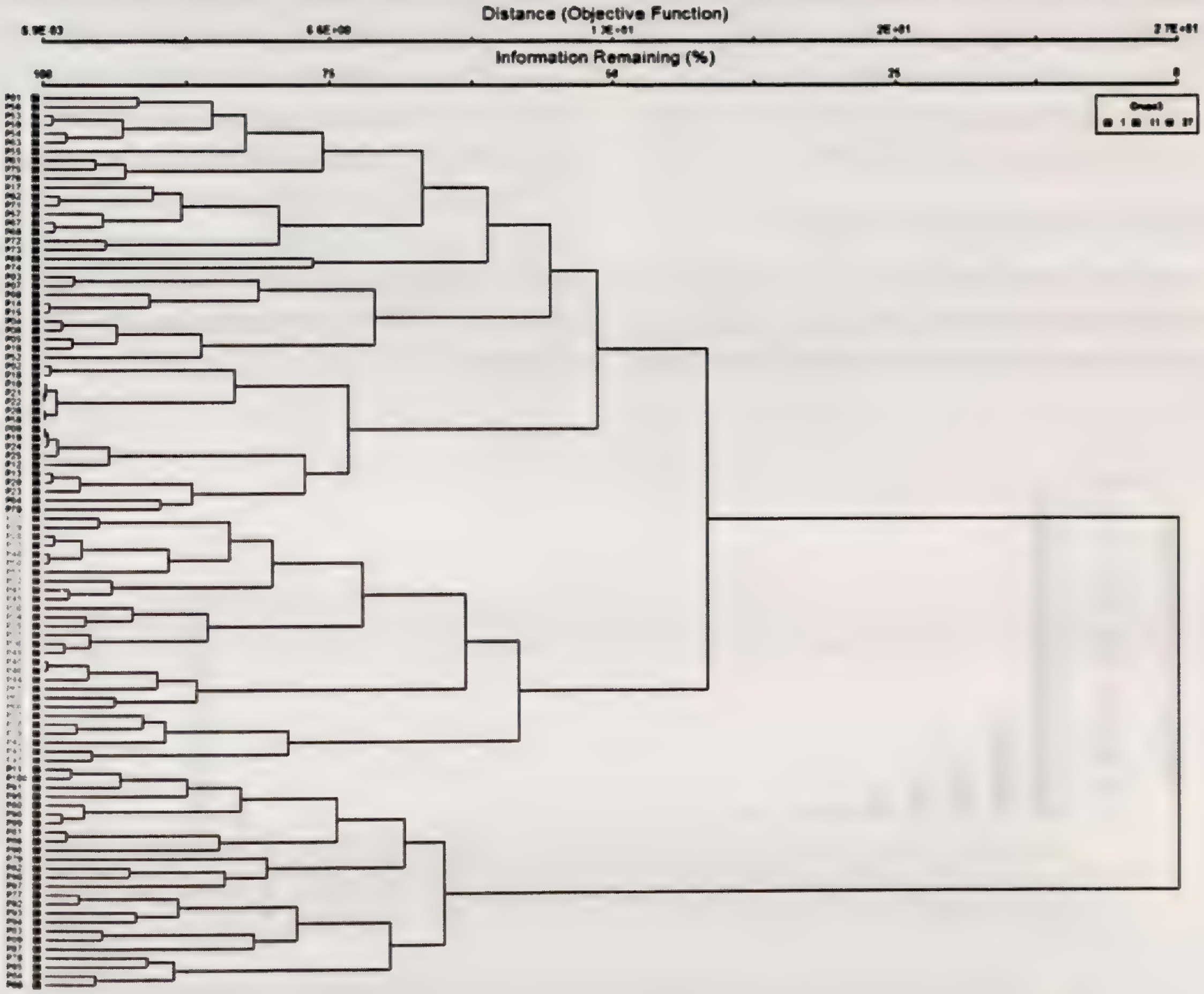



Fig. 4. Dendrograma del agrupamiento de las parcelas muestreadas en el bosque seco de la Provincia de Loja.

pastoreo caprino es escaso, no hay claros de bosque, el suelo es arcilloso, medianamente pedregoso, abundante hojarasca en el suelo; el dosel alcanza de 18 m y se diferencian tres estratos. Este grupo es muy similar en sus elementos florísticos al que Sierra *et al.*, (1999) reconoce como bosque deciduo de tierras bajas, el cual ellos establecen que se distribuye en la costa centro y sur del Ecuador.

**Estructura horizontal del bosque grupo I.**

La estructura de este bosque está caracterizada por la presencia de árboles de gran dominancia donde sobresalen *Ceiba trichistandra*, *Tabebuia chrysantha* y *Terminalia valverdeae*. Este patrón ha sido reportado también por Herbario Loja *et al.* (2001, 2003), Aguirre *et al.* (2006) para los bosques del cantón Zapotillo, Alamor y Célica.

Las especies con mayor IVIe son: *Ceiba trichistandra, Simira ecuadorensis, Tabebuia chrysantha* y *Cordia macrantha*. *Ceiba trichistandra* es dominante por el gran diámetro de sus árboles, que es lo que define la fisonomía de este bosque; resultados también encontrados en evaluaciones realizadas por Aguirre *et al.* (2001), Herbario Loja *et al.* (2001, 2003), Aguirre & Delgado (2005), Aguirre *et al.* (2006) para los bosques del extremo sur de la Provincia de Loja.

**Estructura diamétrica del bosque seco grupo I**

Se caracteriza por la concentración de individuos en las cinco primeras clases, es un bosque con numerosos árboles delgados. La distribución por clases diamétricas (Fig. 5) es similar al descrito para el bosque general, esta tendencia es comprensible considerando que elementos florísticos típicos del bosque seco como *Tabebuia*

*chrysantha*, *Terminalia valverdeae*, *Cordia macrantha* han sido aprovechados. A pesar de esto, el bosque tiene los elementos necesarios para mantener su estructura y garantizar su dinámica, situación que es argumentada por el Herbario Loja *et al.* (2001, 2003).

**Estructura vertical del bosque grupo I**

Para este bosque se diferencian tres estratos, los árboles emergentes alcanzan hasta 18 m de altura. El sotobosque presenta cobertura semidensa, dependiendo de la temporada del año; compuesto por elementos arbustivos de *Croton* sp., *Rauvolfia tetraphylla*, *Cereus diffusus*, *Lycianthes* sp., y *Phyllanthus* sp., la densidad de los arbustos aumenta en los claros. El estrato herbáceo es denso en temporada lluviosa con abundancia de *Ruellia geminiflora*, *Gaya* sp. *Panicum trichoides* y *Adiantum raddianum*, observaciones que son compartidas por Aguirre & Delgado (2005) y Aguirre *et al.* (2006) para los bosques secos del sur del Ecuador.

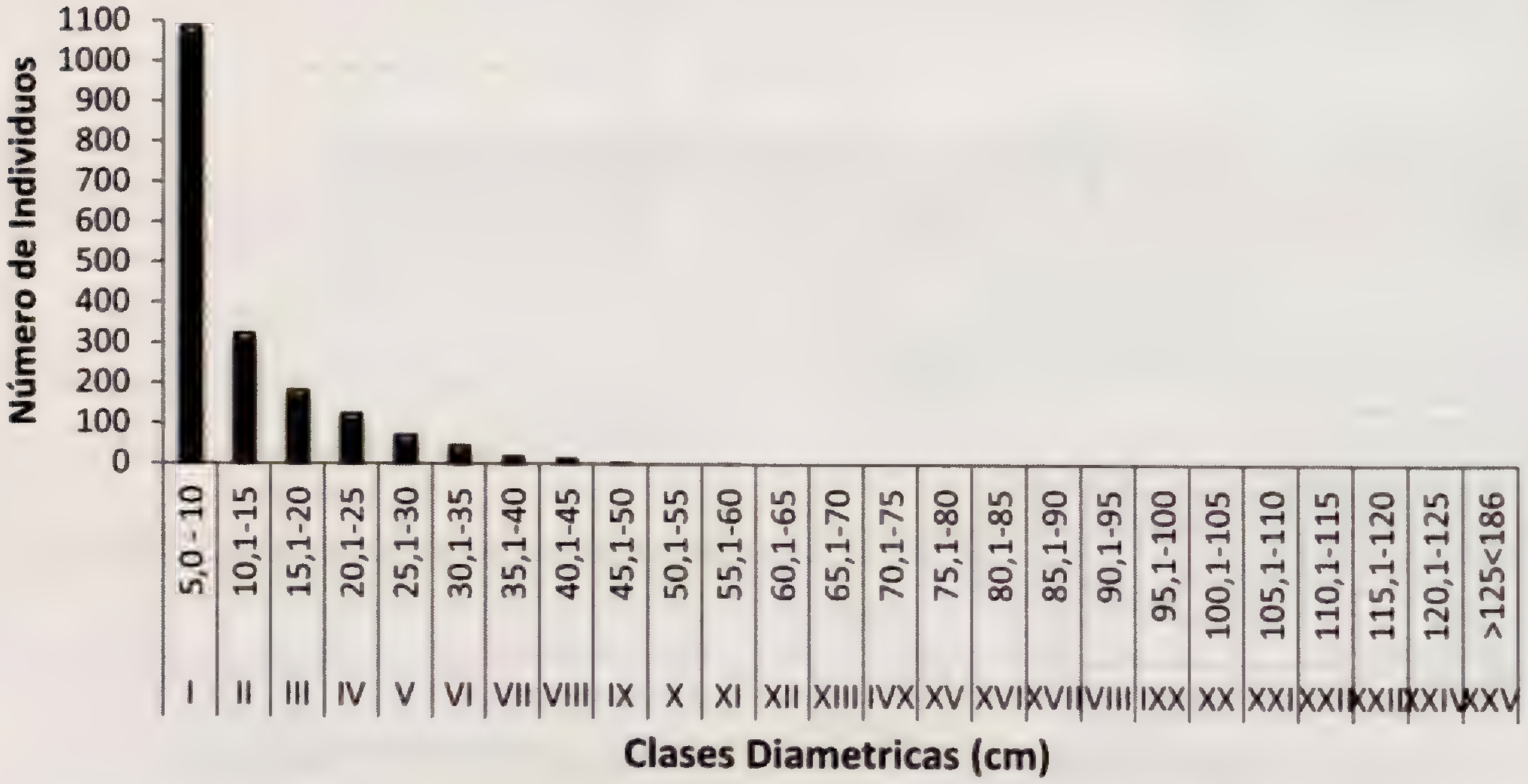



Fig. 5. Estructura diamétrica de los individuos de los bosques secos del grupo I.

**Grupo II bosque seco de *Tabebuia chrysanta*, *Simira ecuadorensis*, *Citharexylum gentryi*, *Calliandra taxifolia*, *Eriotheca ruizi* y *Ceiba trichistandra*.**

La vegetación es semidensa a rala y en las hondonadas es más frondosa. Se desarrolla en un rango altitudinal de 300 a 700 msnm. En terrenos con pendientes de 30 a 35°. El bosque está ligeramente fragmentado, se evidencia pastoreo caprino, existen claros de bosque, el suelo es arcilloso, medianamente pedregoso, con presencia de hojarasca en descomposición en el suelo. La altura del dosel es de aproximadamente 16 m y se diferencian tres estratos. Este grupo es similar en la composición florística a lo que Sierra *et al.* (1999) clasifican como bosque semideciduo piemontano que se distribuye en las vertientes occidentales bajas del sur del Ecuador.

**Estructura horizontal del grupo II.**

La estructura de este bosque se caracteriza por la vegetación semidensa con árboles dispersos de gran dominancia, sobresalen *Ceiba trichistandra*, *Erythrina velutina* y *Tabebuia chrysantha*, que en temporada lluviosa se vuelven frondosos semejantes a una pluviselva. Este patrón es reportado también por Herbario Loja *et al.* (2001, 2003), Aguirre *et al.* (2006) para los bosques del cantón Macará. Las especies ecológicamente importantes son: *Tabebuia chrysantha*, *Simira ecuadorensis* y *Ceiba trichistandra*, resultados compartidos por Aguirre *et al.* (2001), Herbario Loja *et al.* (2001, 2003), Aguirre & Delgado (2005), Aguirre *et al.* (2006), Linares & Ponce (2005) en estudios en áreas geográficas similares.

**Estructura diamétrica del bosque seco grupo II**

Los individuos de este bosque se concentran en las cuatro primeras clases diamétricas. La típica "J" invertida (Fig. 6) no es tan marcada, se trata de un bosque en proceso de recuperación, criterio compartido por Lamprecht (1999) y Gunter *et al.* (2011). Esta tendencia diamétrica indica que los árboles seguirán creciendo y en el futuro existirán elementos florísticos suficientes que garantizan la presencia del bosque, situación que es también sostenida por el Herbario Loja *et al.* (2001, 2003) en estudios en la zona de bosque seco ecuatoriano.

**Estructura vertical del bosque seco grupo II**

Se diferencian tres estratos, con árboles emergentes frondosos. El dosel superior está compuesto por individuos de entre 13 a 16 m, en las hondonadas alcanzan mayor altura. El sotobosque es de cobertura media a rala, con individuos juveniles de las especies arbóreas, aumentando su densidad en la temporada lluviosa; los individuos arbustivos que crecen son *Rauvolfia tetraphylla, Opuntia ficus-indica, Ipomoea carnea, Capparis crotonoides.* El estrato herbáceo es ralo, con abundancia de gramíneas en temporada lluviosa, aseveraciones que son compartidas por Aguirre & Delgado (2005) y Aguirre *et al.* (2006).

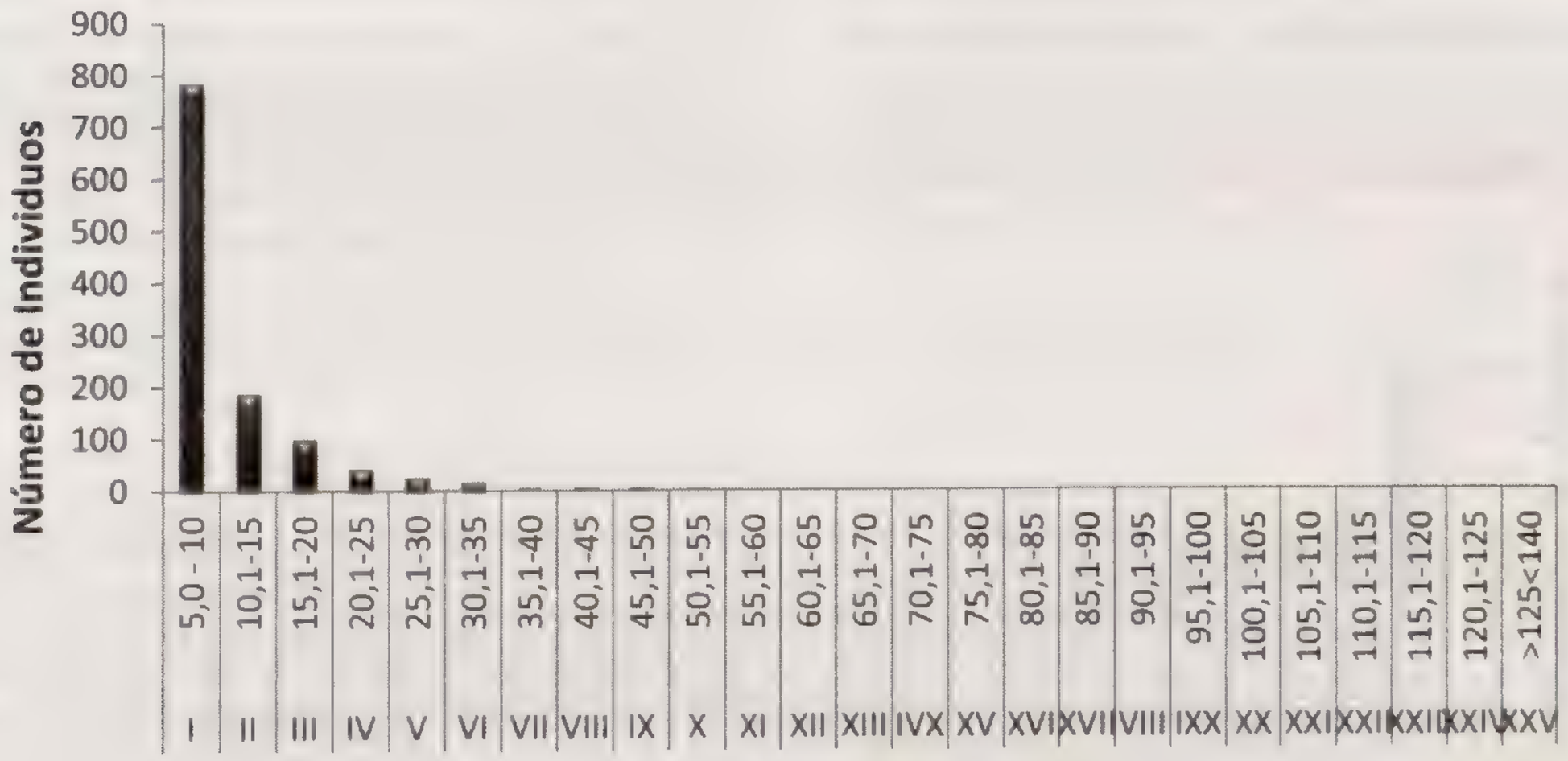



Fig. 6. Estructura diamétrica de los individuos de bosques secos del grupo II.

**Grupo III bosque seco de *Eriotheca ruizi, Ipomoea pauciflora, Leucaena trichodes, Erythrina velutina, Pisonia aculeata* y *Ceiba trichistandra.***

Se desarrolla en un rango altitudinal de 300 a 1000 msnm, sobre terrenos de fisiografía medianamente colinada y fuertes pendientes de hasta 60-70°. La altura del dosel es de aproximadamente 13 m con tres estratos bien diferenciados. El bosque está fragmentado, existen claros de bosque, presencia de pastoreo caprino y bovino, el suelo es arcilloso, amarillo-café, pedregoso, escasa hojarasca en el suelo. Sierra *et al.* (1999) clasifica a este tipo de vegetación como bosque semideciduo piemontano, pero en este estudio se determinó que los elementos florísticos característicos son diferentes al grupo II, dado especialmente por la dominancia de *Eriotheca ruizii* (Malvaceae), *Ipomoea pauciflora*, *Leucaena trichodes*, a la densidad de la vegetación que es rala y la fisiografía muy irregular del terreno donde se desarrollan.

**Estructura horizontal del bosque seco grupo III.**

La estructura de este bosque está caracterizada por la presencia de vegetación semidensa a rala, con dominancia de *Eriotheca ruizii* e *Ipomoea pauciflora* y árboles aislados de *Ceiba trichistandra*, la temporada lluviosa los transforma en bosques exuberantes. Este comportamiento es también sostenido por Herbario Loja *et al.* (2001, 2003), Aguirre *et al.* (2006) para los bosques de El Empalme, Lucarqui, Laipuna.

Las especies ecológicamente importantes son: *Eriotheca ruizii, Ipomoea pauciflora* y *Ceiba trichistandra.* Este bosque posee una fisonomía muy particular debido a que las especies frecuentes y abundantes no son las tipificadas tradicionalmente para los bosques secos, aseveraciones compartidas por Herbario Loja *et al.* (2001, 2003), Aguirre *et al.* (2006).

**Estructura vertical del bosque seco grupo III**

Se diferencian tres estratos, el estrato dominante está formado por árboles de entre 9 a 13 m que en las hondonadas alcanzan mayor altura. El estrato codominado con árboles de 5 a 9 m de altura y el estrato dominado con árboles de entre 3 a 5 m. El sotobosque está formado por vegetación arbustiva rala donde sobresalen *Malvastrum americanum, Croton* sp., *Jatropha curcas*, *Hyptis* sp., *Salvia* sp. El estrato herbáceo en la temporada seca es escaso, pero en la lluviosa es abundante.

**Estructura diamétrica del bosque seco grupo III**

La distribución diamétrica de los individuos de este bosque están concentradas en las ocho primeras clases y este patrón determina la típica "J" invertida (Figura 7) que indica que es un bosque en proceso de recuperación, criterio compartido por Lamprecht (1999) y Gunter *et al.* (2011). Esta tendencia diamétrica sugiere que el bosque está recuperándose y dispondrá de los elementos florísticos necesario para garantizar la estructura típica del bosque.

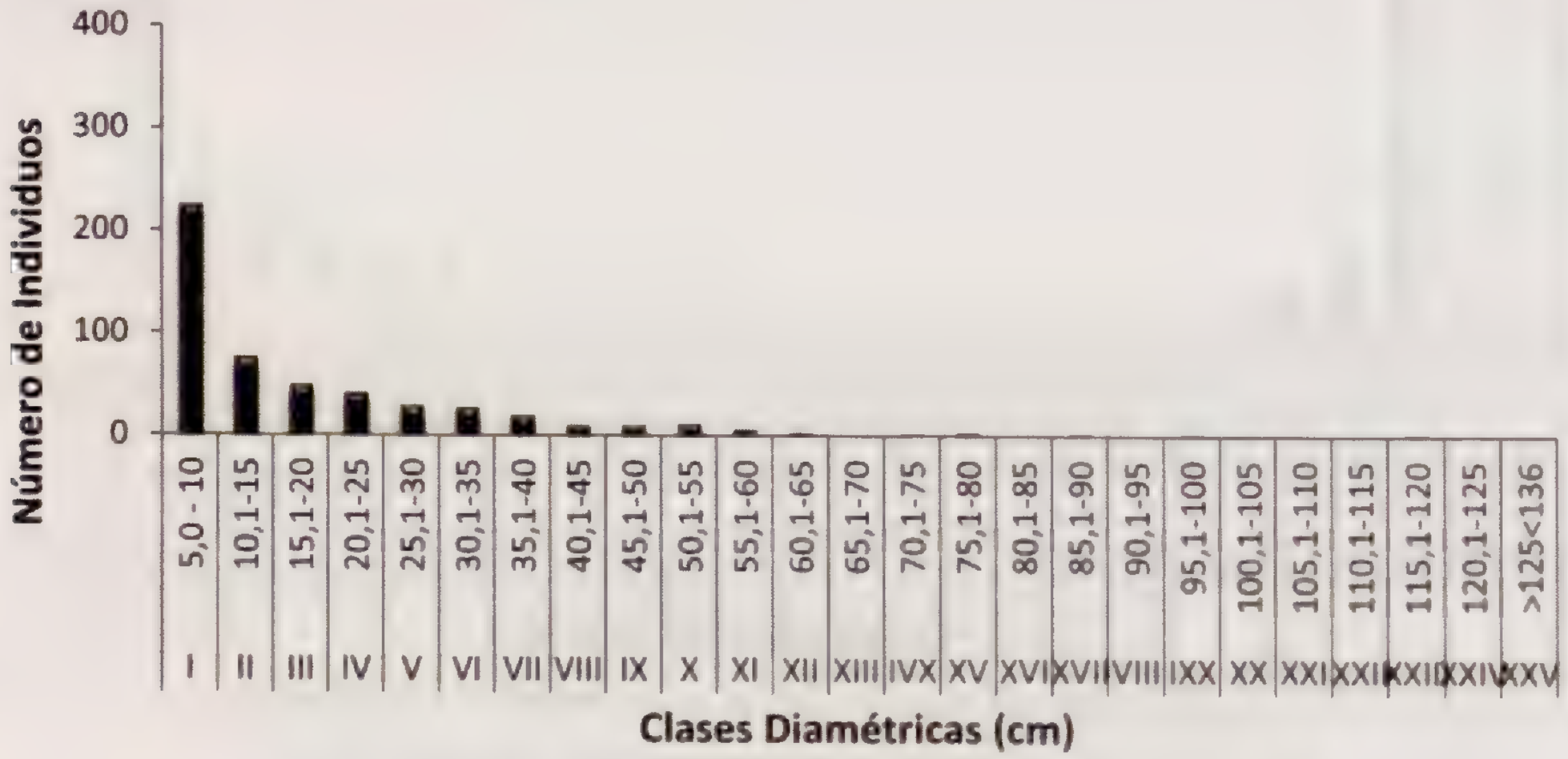



Fig. 7. Estructura diamétrica de los individuos de bosques secos del grupo III.

## Conclusiones

La diversidad florística es media, se ve expresada en la presencia de 58 especies dentro de 51 géneros y 29 familias. Las familias más diversas son Fabaceae, Verbenaceae, Mimosaceae, Malvaceae y Bignoniaceae: Las especies ecológicamente importantes son: *Ceiba tichistandra, Simira ecuadorensis, Tabebuia chrysantha, Eriotheca ruizii* y *Terminalia valverdeae.*

Se diferencian tres grupos de bosques secos en la Provincia de Loja: grupo I bosque de *Terminalia valverdeae, Simira ecuadorensis, Tabebuia chrysantha* y *Cordia macrantha,* grupo II bosque de: *Tabebuia chrysantha*, *Prokia crucis*, *Citharexylum* sp., y *Piscidia carthagenensis y* grupo III bosque de: *Eriotheca ruizi*, *Ipomoea pauciflora*, *Erythrina velutina* y *Bursera graveolens* y entre ellos existe una mediana similitud florística.

## Literatura citada

**Aguirre; Z.; E. Cueva; B. Merino; W. Quizhpe & A. Valverde.** 2001. Evaluación ecológica rápida de la vegetación en los bosques secos de La Ceiba y Cordillera Arañitas, Provincia de Loja, Ecuador. Pp. 15-35. En M.A. Vásquez, M. Larrea, L. Suárez & P. Ojeda (eds.). Biodiversidad en los Bosques Secos del Sur-Occidente de la Provincia de Loja.

EcoCiencia, Ministerio del Ambiente, Herbario LOJA y Proyecto Bosque Seco, Quito. Ecuador.

**Aguirre, Z. & P. Kvits.** 2005. Composición florística y estado de conservación de los bosques secos del sur-occidente del Ecuador. Lyonia. Volumen 8 (2): 41-67.

**Aguirre, Z. & T. Delgado.** 2005. Vegetación de los bosques secos de Cerro Negro-Cazaderos,

**Occidente de la Provincia de Loja.** En: M.A. Vásquez, J.F. Freile y L. Suárez (Eds.). Biodiversidad en los bosques secos de la zona de Cerro Negro-Cazaderos, occidente de la Provincia de Loja: un reporte de las evaluaciones ecológicas y socioeconómicas rápidas. Pp. 9-24. EcoCiencia, MAE y Proyecto Bosque Seco. Quito, Ecuador.

**Aguirre, Z.; P. Kvist & R. Linares.** 2006. Especies leñosas y formaciones vegetales en los bosques estacionalmente secos de Ecuador y Perú. Arnaldoa. 13(2): 324 – 350. ISSN: 1815-8242.

**Aguirre, Z. & L. Kvist.** 2009. Composición florística y estructura de bosques estacionalmente secos en el sur-occidental de Ecuador, Provincia de Loja, municipios de Macará y Zapotillo. Arnaldoa 16(2): 87 – 99. ISSN: 1815-8242.

**Aguirre, Z.** 2010. Guía para estudios de composición florística, estructura y diversidad de la vegetación natural. Universidad San Francisco Xavier de Chuquisaca, Sucre Bolivia. 57 p.

**Álvarez, P. & J. Varona.** 2006. Silvicultura. Editorial Félix Varela. La Habana, Cuba.

**Best, B. & M. Kessler.** 2005. Biodiversity and Conservation in Tumbesian Ecuador and Peru. Cambridge, UK. Birdlife Internacional.

**Cerón, C.E.** 1993. Estudio preliminar de plantas útiles del Parque Nacional Machalilla. Provincia de Manabí, Ecuador. Hombre y ambiente, Ediciones Abya-Yala, Número Monográfico 25: 73-130.

**Cerón, C.E.** 1996. Diversidad, Especies Vegetales y usos en la Reserva Ecológica Manglares-Churute, Provincia del Guayas, Ecuador. Geográfica 36: 1-92.

**Cerón, C.E.; W. Palacios; R. Valencia & R. Sierra.** 1999. Las formaciones naturales de la Costa del Ecuador. Pp. 55-78 En: R. Sierra (ed.), Propuesta Preliminar de un Sistema de Clasificación de Vegetación para el Ecuador Continental. Proyecto INEFAN/GEF-BIRF y EcoCiencia, Quito, Ecuador.

**Dinersteins, E.; D.M. Olson; D.J. Gram; A.L. Webster; S.A. Primn; M.PO. Brookbinder & G. Ledec.** 1995. Una evaluación del estado de conservación de las ecoregiones de América Latina y Caribe. Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento/Banco Mundial, Washington DC. USA. 135 p.

**Espinosa, C.I.; M. de la Cruz; A. L. Luzuriaga & A. Escudero.** 2012. Bosques tropicales secos de la región Pacífico Ecuatorial: diversidad, estructura, funcionamiento e implicaciones para la conservación. Ecosistemas 21 (1-2): 167-179.

**Fundación Ambiente y Sociedad.** 2003. Informe final productos forestales no maderables en el territorio Cofán. Proyecto CAIMAN. Financiado por USAID/ Ecuador y Ejecutado por Chemonics International. Quito, Ecuador. 30 p.

**Gunter**, et al. **(eds)**. 2011. Silviculture in the Tropics, Tropical Forestry 8. Springer - Verlag, Berlín, Alemania.

**HERBARIO LOJA, UNISIG, CINFA.** 2001. Zonificación y determinación de los tipos de Bosque seco en el suroccidente de la Provincia de Loja. Informe Final. Herbario Loja — Proyecto Bosque Seco, Universidad Nacional de Loja, Ecuador. 144 pp.

**HERBARIO LOJA, CINFA, SNV.** 2003. Zonificación ecológica de los seis cantones de influencia del Proyecto Bosque Seco. Fase II. Informe Final. Herbario Loja — Proyecto Bosque Seco, Universidad Nacional de Loja, Ecuador. 144 pp.

**Hernández, C. & C. Josse.** 1997. Plantas silvestres comestibles del Parque Nacional Machalilla. Hombre y Ambiente, Abya-Yala, Quito, Ecuador. 40: 1-78.

**Klitgaard, B.; P. Lozano; Z. Aguirre; B. Merino; N. Aguirre; T. Delgado & F. Elizalde.** 1999. Composición florística y estructural del Bosque Petrificado de Puyango, Loja Ecuador. En: Estudios Botánicos en el Sur del Ecuador Nº 3. Universidad Nacional de Loja, departamento de Botánica y Ecología, Ecuador. p. 25-49.

**Lamprecht, H.** 1990. Silvicultura en los Trópicos. Deutsche Gesellschaft fur Technische Zusammenartbeit (GTZ), Alemania. 334 pp.

**Linares-Palomino, R. & S.I. Ponce A.** 2005. Tree community patterns in seasonally dry tropical forests in the Cerros de Amotape Cordillera, Túmbez, Perú. Forest Ecology and Management 209: 261-272.

**Linares-Palomino, R.; L. P. Kvist; Z. Aguirre-Mendoza & C. Gonzales.** 2010. Diversity and endemism of woody plant species in the Equatorial Pacific seasonally dry forests. Biodiversity and Conservation 19 (1):165-185.

**Madsen, J.E.; R. Mix & H. Balslev.** 2001. Flora of Puná Island — Plant resources on a neotropical Island. Aarhus University Press, Denmark. 289 pp.

**McCune, B. & J. Mefford M.** 1999. Multivariate analysis of ecological data. PcOrd-Version 4.17 MjM Sofware. Glennneden Beach, Oregon, USA.

**Rojas, C. & E. Mansur.** 1995. Informaciones generales sobre productos forestales no madereros en Ecuador. Disponible en www.fao.org/docrep/T2354S/t2354s0u.htm. *Consultado abril 07 del 2011.*

**Moreno, C. E. 2001.** Métodos para medir la biodiversidad. M & T-Manuales y Tesis SEA, vol.I. Zaragosa, España. 84 p.

**Mostacedo, B. & T. Fredericksen.** 2000. Manual de Métodos Básicos de Muestreo y Análisis en Ecología Vegetal. Proyecto de Manejo Forestal Sostenible (BOLFOR). Santa Cruz de la Sierra. Bolivia. 92 p.

**Neill, D.** 2000. Observation on the conservation status of tropical dry forest in the Zapotillo Area, Loja, Ecuador. Disponible en http// www.mobot.org/MOBOT/research/Ecuador /Zapotillo.

**Ríos, M.** 1993. Plantas útiles en el noroccidente de la Provincia de Pichincha. Hombre y Ambiente. Abya-Yala, Quito, Ecuador. 175 p.

**Sánchez, O.; Z. Aguirre & L.P. Kvist.** 2006. Usos maderables y no maderables de los Bosques Secos de la Provincia de Loja. Lyonia 10 (2): 73-82.

**Sierra, R.; C. Cerón; W. Palacios & R. Valencia (Eds).** 1999. Propuesta preliminar de un sistema de clasificación de vegetación para el Ecuador Continental. Proyecto INEFAN/GEF-BIRF Y EcoCiencia. Quito, Ecuador. 194 pp.

**Sørensen, T.** 1948. A method for establishing groups of equal amplitude in plant sociologybased on similarity of species content. Det Kongelige Danske Videnskabernes Selskab Biologisk Skrifter 5(4): 1-34.

**Valle, C.** 2011. Técnicas de Investigación en Ecología. Material de enseñanza. Colegio de Ciencias Ambientales. Universidad San Francisco de Quito. Quito, Ecuador.

*Arnaldoa* 19(2): 177 - 188, 2012 ISSN: 1815 - 8242

# Inventario Florístico de Huaca de la Luna, Trujillo, Perú

# Floristic inventory of Huaca de la Luna, Trujillo, Peru

***Eric F. Rodríguez Rodríguez***
Herbarium Truxillense (HUT), Universidad Nacional de Trujillo. Jr. San Martín 392. Trujillo, PERÚ.
*efrr@unitru.edu.pe*

***Margarita Mora Costilla***
Asociación Peruana para la Conservación de la Naturaleza-Trujillo (APECO-Trujillo), Trujillo, PERÚ.

## Resumen

Se presenta el inventario florístico del área que ocupa el sitio arqueológico Huaca de la Luna (8°07'35" LS - 8°59'35" LO y a 50 m), Distrito de Moche, Provincia de Trujillo, Perú, efectuado como consecuencia de las lluvias de verano del año 2010. El proceso de herborización se realizó de acuerdo con la metodología y técnicas convencionales. La determinación taxonómica se efectuó por comparación morfológica con los ejemplares existentes en el Herbarium Truxillense (HUT) de la Universidad Nacional de Trujillo, con ayuda de bibliografía especializada referida a descripciones de las especies y claves taxonómicas dicotómicas basadas en los caracteres exomorfológicos y de hábito. El catálogo incluye un total de 17 familias, 26 géneros y 28 especies, entre las cuales *Tiquilia dichotoma* (Boraginaceae), *Neoraimondia arequipensis* subsp. *roseiflora* (Cactaceae) y *Nolana humifusa* (Solanaceae) son consideradas como especies endémicas del Perú.
**Palabras clave:** Huaca de la Luna, Flora, Moche.

## Abstract

We present here the floristic inventory in the area occupied by the archaeological site Huaca de la Luna (8 ° 07'35 "LS - 8 ° 59'35" LO and 50 m), Moche District, Trujillo Province, Peru. This inventory was made as a result of the rains summer of 2010. The plant collection process was conducted in accordance with the conventionals methodology and techniques. The taxonomic identification was performed by morphological comparison with specimens in the Herbarium Truxillense (HUT) of the National University of Trujillo, with the help of literature relating to descriptions of species and taxonomic dichotomous key based on characters exomorphological and habit. The catalog includes a total of 17 families, 26 genera and 28 species, including *Tiquilia dichotoma* (Boraginaceae), *Neoraimondia arequipensis* subsp. *roseiflora* (Cactaceae) and *Nolana humifusa* (Solanaceae) are considered endemic in Peru.
**Key words:** Huaca de la Luna, Flora, Moche.

## Introducción

La faja de la costa peruana está constituida en su mayor extensión por desiertos o semidesiertos y es interrumpida por estrechos valles y áreas de vegetación de bajo porte, expansión limitada y fuerte periodicidad que reciben el nombre de lomas (Shuichi & Hajime, 1984). En el Perú existen unas 70 localidades discretas de este tipo que soportan vegetación lomal (Dillon *et al.*, 2003).

En la costa de la región La Libertad (Provincias Trujillo y Virú) existen varias de estas lomas de importancia, tales como Cerro Virú o Lomas de Virú, Cerro Chiputur, Cerro Cabezón y Cerro Campana (Dillon *et al.*, 2003). Cercano a las lomas de Virú y Cerro Chiputur (Salaverry), al sur de la ciudad de Trujillo, existe en Moche el imponente Cerro Blanco en cuya base-oeste se establecieron los sitios arqueológicos denominados Huacas de Moche (Sol y Luna) erigidos por la sociedad Moche y a la margen izquierda del rio Moche. Particularmente Huaca de la Luna, por los descubrimientos de fines del siglo pasado y el actual, cobra gran importancia por su arquitectura, muralística y cerámica (Fernández & Rodríguez, 2007; Uceda, 2008; Morales, 2008).

Hasta el presente no se tiene conocimiento de la existencia de estudios florísticos referidos al área delimitada como Huaca de la Luna. Las condiciones

climáticas influyen sobre la vegetación, especialmente como consecuencia del impacto de los eventos El Niño (ENSO). Sin embargo, esta zona, al igual que las formaciones de Lomas como ecosistemas costeros ubicados en los interfluvios áridos, también depende principalmente de tres factores: 1) La humedad captada de las nubes advectivas que provienen del océano durante los meses de invierno, 2) Las condiciones topográficas y 3) El límite de la distribución del banco de semillas en el suelo (Ogawa *et al.*, 1986).

Estudios similares, al presentado en este artículo, han sido efectuados en áreas aledañas, tales como del ecosistema del Cerro Campana (Weberbauer, 1945; Sagástegui *et al.*, 1988; Briceño *et al.*, 1994; Mora *et al.*, 2009), Flora apícola del valle Santa Catalina, Trujillo, Perú (Rodríguez *et al.*, 1992), el Inventario Florístico de El Algarrobal de Moro, Prov. Chepén, Dpto. La Libertad (Rodríguez *et al.*, 1996), Malezas de la Costa Norperuana (Sagástegui, 1973) o Flora Invasora de los Cultivos del Perú (Sagástegui & Leiva, 1993).

Con la finalidad de fundamentar el conocimiento de la flora de Huaca de la Luna, se efectuó una investigación orientada a determinar los taxa existentes en tan importante monumento arqueológico durante el verano del año 2010.

## Materiales y Métodos

### 1. Aspecto Histórico:

Huaca de la Luna se encuentra ubicada en el norte del Perú (Departamento de La Libertad, Provincia de Trujillo, Distrito de Moche). Es un edificio construido por la sociedad Moche sobre la ladera oeste de Cerro Blanco, con material de construcción arcilloso y limoso (adobes, morteros de asiento, pisos, enlucidos y relieves). Está organizada en tres plataformas sólidas de adobes paralelepípedos y tres grandes patios dispuestos sobre la empinada ladera oeste de Cerro Blanco (Morales, 2008).

### 2. Datos Climáticos:

Los datos climáticos referidos a temperaturas, precipitaciones, humedad relativa y vientos, fueron tomados en la estación meteorológica Huaca de La Luna a 40 m.s.n.m. a 8,1 LS y 79,0 LO. (Figuras 4-8).

### 3. Estudio de la vegetación:

El estudio está basado en la revisión de material depositado en el Herbarium Truxillense (HUT) de la Universidad Nacional de Trujillo (acrónimo en Holmgren *et al.*, 1990), así como en las colecciones y observaciones directas de campo efectuadas en diferentes visitas periódicas a huaca de la Luna durante el verano (enero-marzo) del año 2010. Lapso en el cual las precipitaciones llegaron a su máximo en febrero con 22.74 mm (Figura 6).

El proceso de herborización se realizó de acuerdo a la metodología y técnicas convencionales (Rodríguez & Rojas, 2002). La determinación taxonómica se realizó con ayuda de bibliografía especializada referida a descripciones de las especies, claves taxonómicas dicotómicas basadas en los caracteres exomorfológicos y de hábito (Macbride, 1936-1971; Sagástegui, 1973; Sagástegui & Leiva, 1993); además por comparación morfológica con los ejemplares existentes en el Herbarium Truxillense (HUT) de la Universidad Nacional de Trujillo. La actualización de las especies se efectuó de acuerdo al Catálogo de las Gimnospermas y Angiospermas del Perú (Brako & Zarucchi, 1993) y los endemismos se discutieron con el "Libro Rojo de las plantas endémicas del Peru" de León *et al.* (eds) en la parte de Boraginaceae, Cactaceae y Solanaceae (León & Sánchez, 2006; Arakaki *et al.*, 2006; Knapp *et al.*, 2006). Para cada especie se consigna la bibliografía de su publicación original, así como los nombres vulgares.

Para el ordenamiento sistemático se ha tomado como referencia el Sistema de Clasificación de Cronquist (1981, 1988).

## Resultados y Discusión

### 1. Ubicación Geográfica:

El área arqueológica intangible se ubica a 8º07'35" LS - 78º59'35" LO y a 50 m.s.n.m. de altitud (ONERN, 1973; citado por Morales, 2008). Presenta una extensión total de 133 has. Ocupa una terraza aluvial inclinada de Este-Oeste, sobre la margen izquierda del río Moche, en la falda oeste del Cerro Blanco y a 10 km de la ciudad de Trujillo (Morales, 2008). (Figuras 1, 2 y 3).

Fig. 1. Ubicación Geográfica de Huaca de la Luna (Tomado de Uceda, 2008)

## 2. Aspectos Geológicos:

Huaca de la Luna se encuentra en la parte basal del Cerro Blanco. El Cerro Blanco correspondiente al flanco occidental de la cordillera de los Andes con la denominación de Batolito de la Costa de la edad del Cretáceo superior-Paleógeno, está formado por granodiorita (KsP-gd). La parte norte del cerro está conformado por andesitas intercaladas con areniscas tobáceas de color gris verdoso pertenecientes al Grupo Casma del Cretáceo Superior y Medio (Kms-ca). El núcleo urbano de Huaca de la Luna se extiende sobre depósitos coluvio-aluviales (Q-co-al) del Cuaternario holocénico conformado por limo y arcilla con clastos que tienen una distribución irregular y de origen plutónico, de forma angulosa con diferente tamaño y escasa uniformidad, fundamentalmente material que baja del cerro por descomposición de las rocas. Además, en la planicie se encuentran los depósitos eólicos (Q-e) y aluviales (Q-al) (Municipalidad Provincial de Trujillo, 2002).

## 3. Aspectos Climáticos:

El clima imperante en el área de estudio, que forma parte de la faja costera, es de tipo per-árido o semi-cálido. La vegetación que se desarrolla en Huaca de la Luna se encuentra influenciada por factores climáticos, edáficos y orográficos: notándose su máximo desarrollo durante los eventos El Niño (ENS)

Fig. 2. Vista panorámica del cerro Blanco y Huaca de la Luna

Fig. 3. Vista panorámica de las Huacas y el valle de Moche desde el cerro Blanco.

## 3.1. Temperaturas:

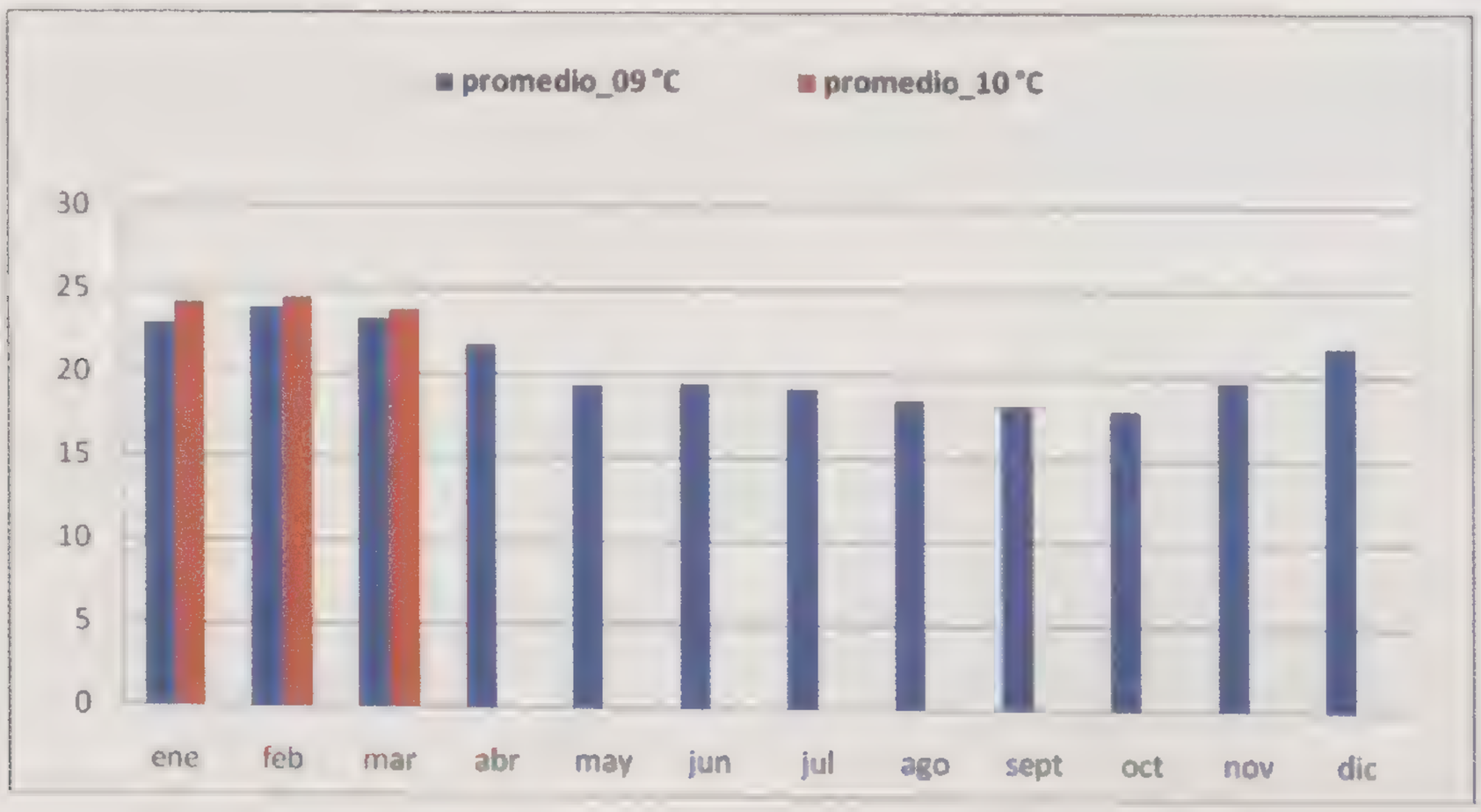



Fig. 4. Temperaturas promedios en °C de Huaca de la Luna para los años 2009 (azul) y 2010 (rojo).

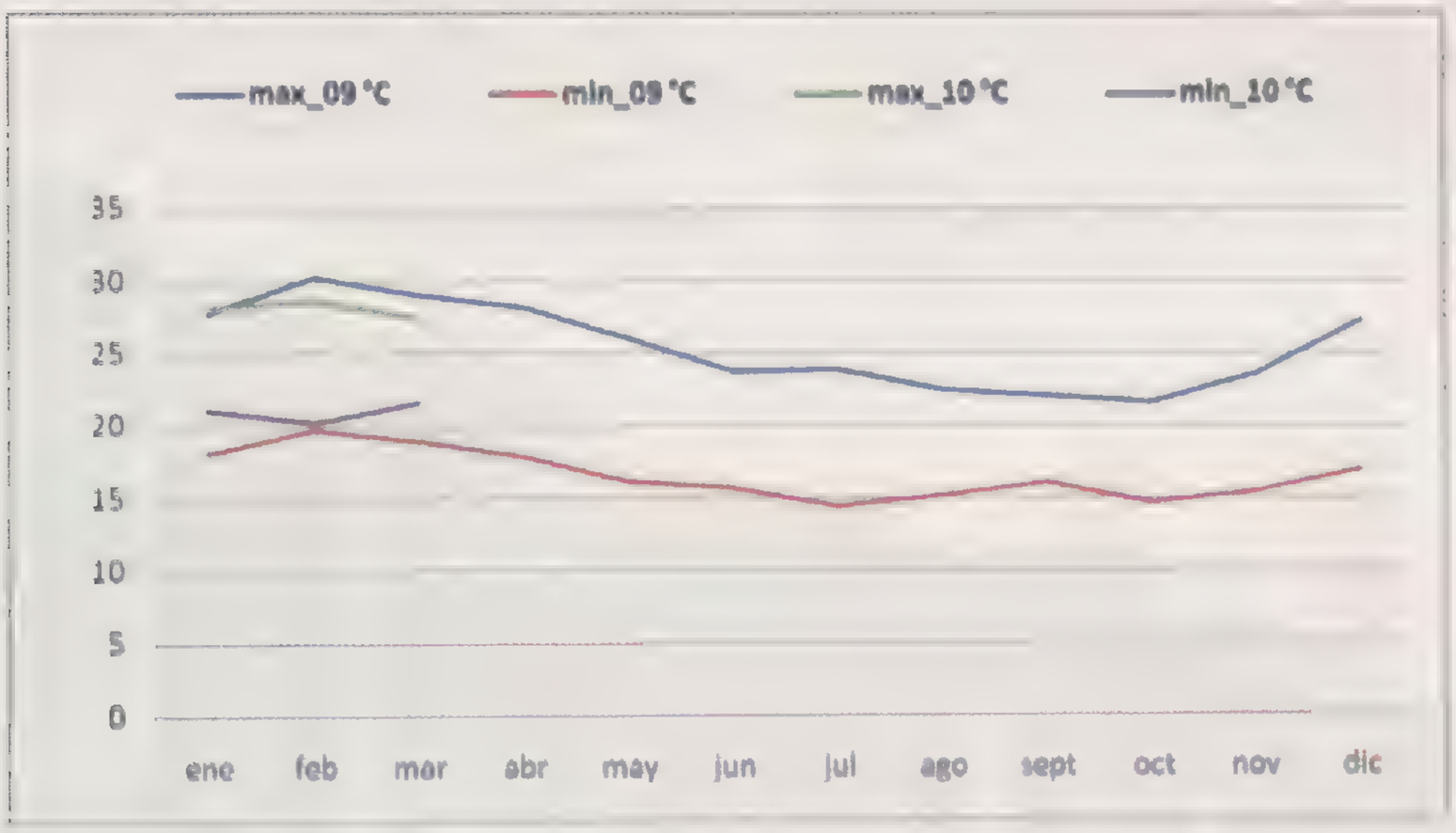



Fig. 5. Temperaturas máximas y mínimas en °C de Huaca de la Luna para los años 2009 y 2010.

## 3.2. Precipitación:

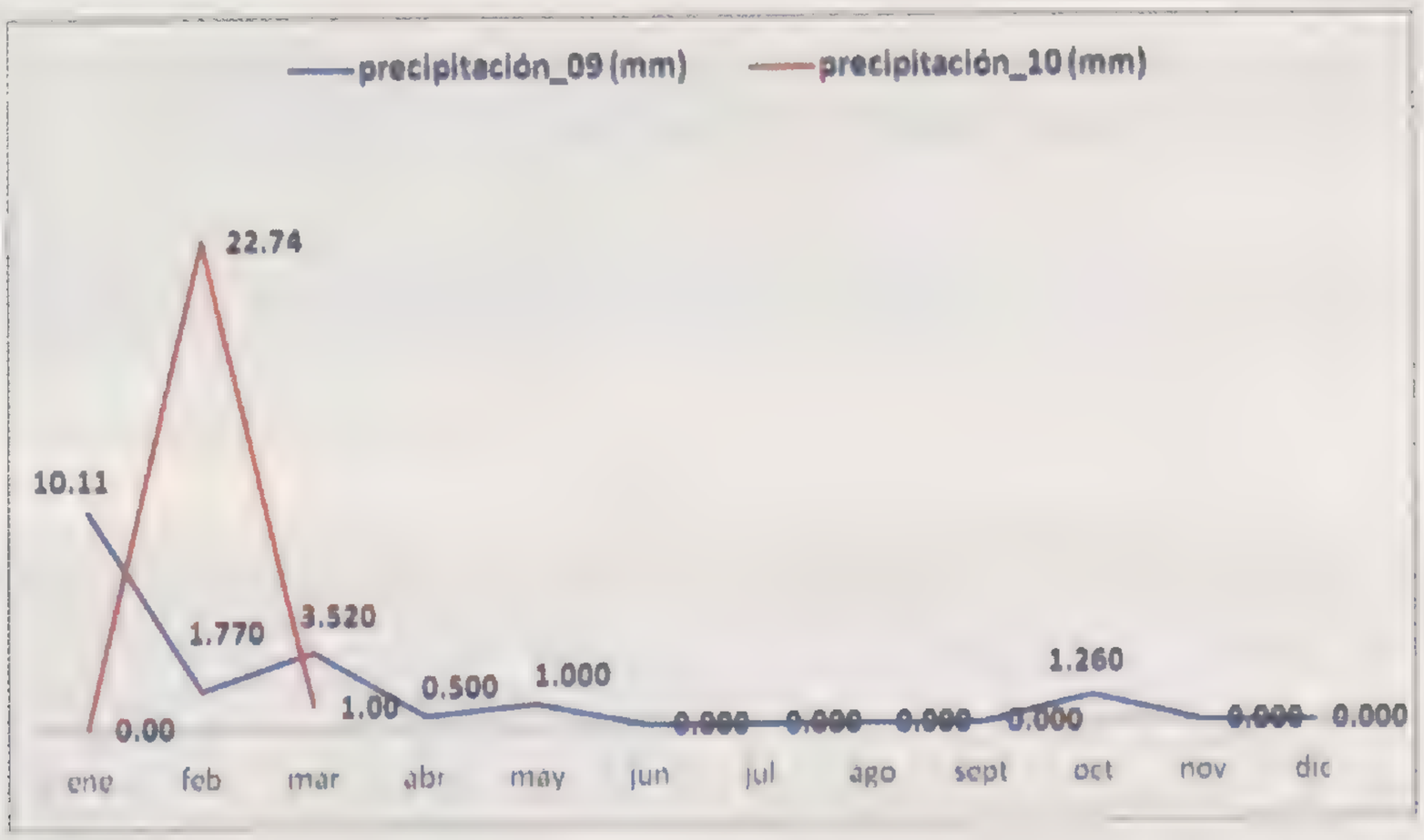



Fig. 6. Precipitacion Total en mm de Huaca de la Luna para los años 2009 y 2010.

## 3.3. Humedad Relativa:

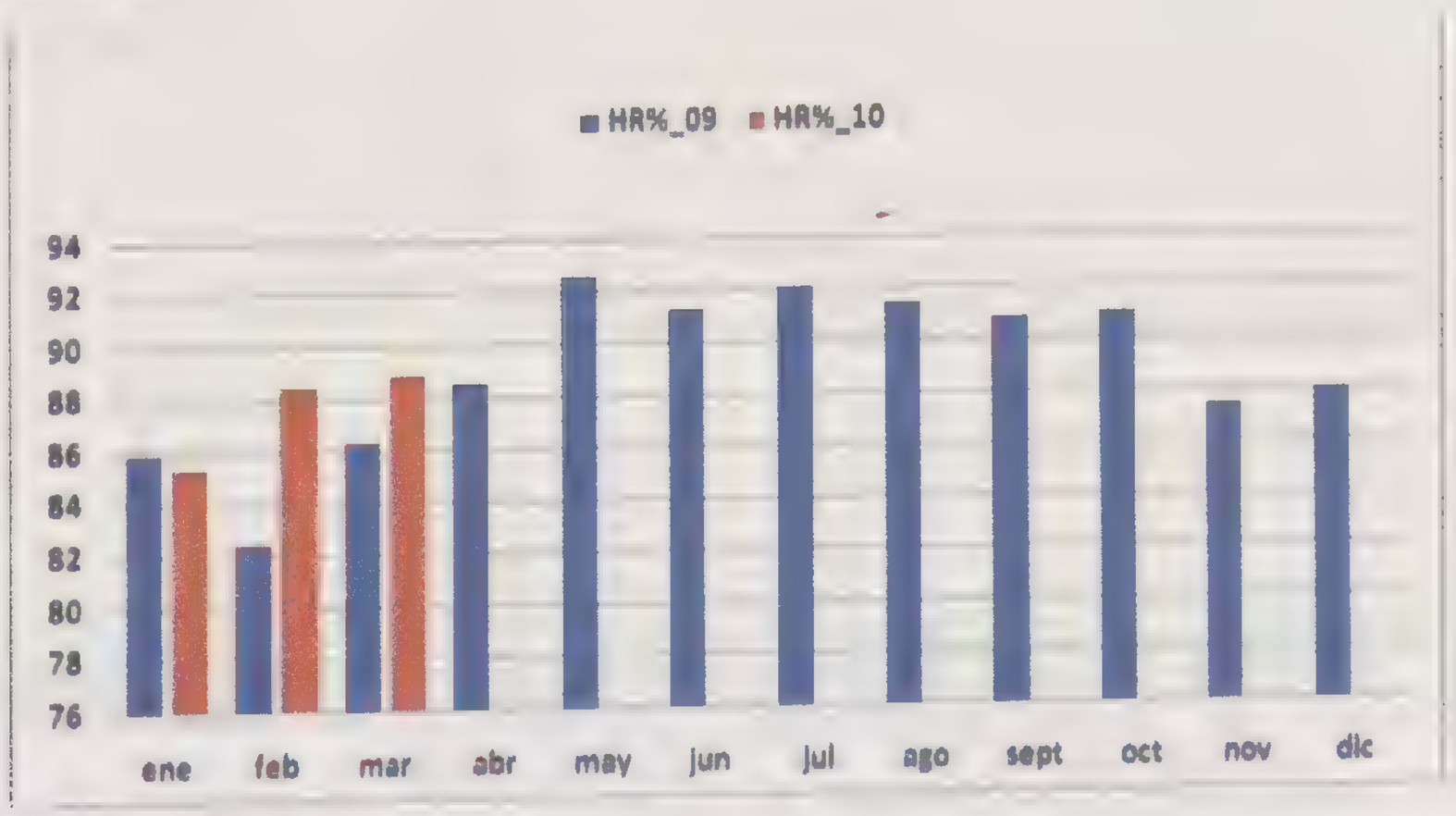



Fig. 7. Humedad Relativa promedio en % de Huaca de la Luna para los años 2009 y 2010.

3.4. Vientos:

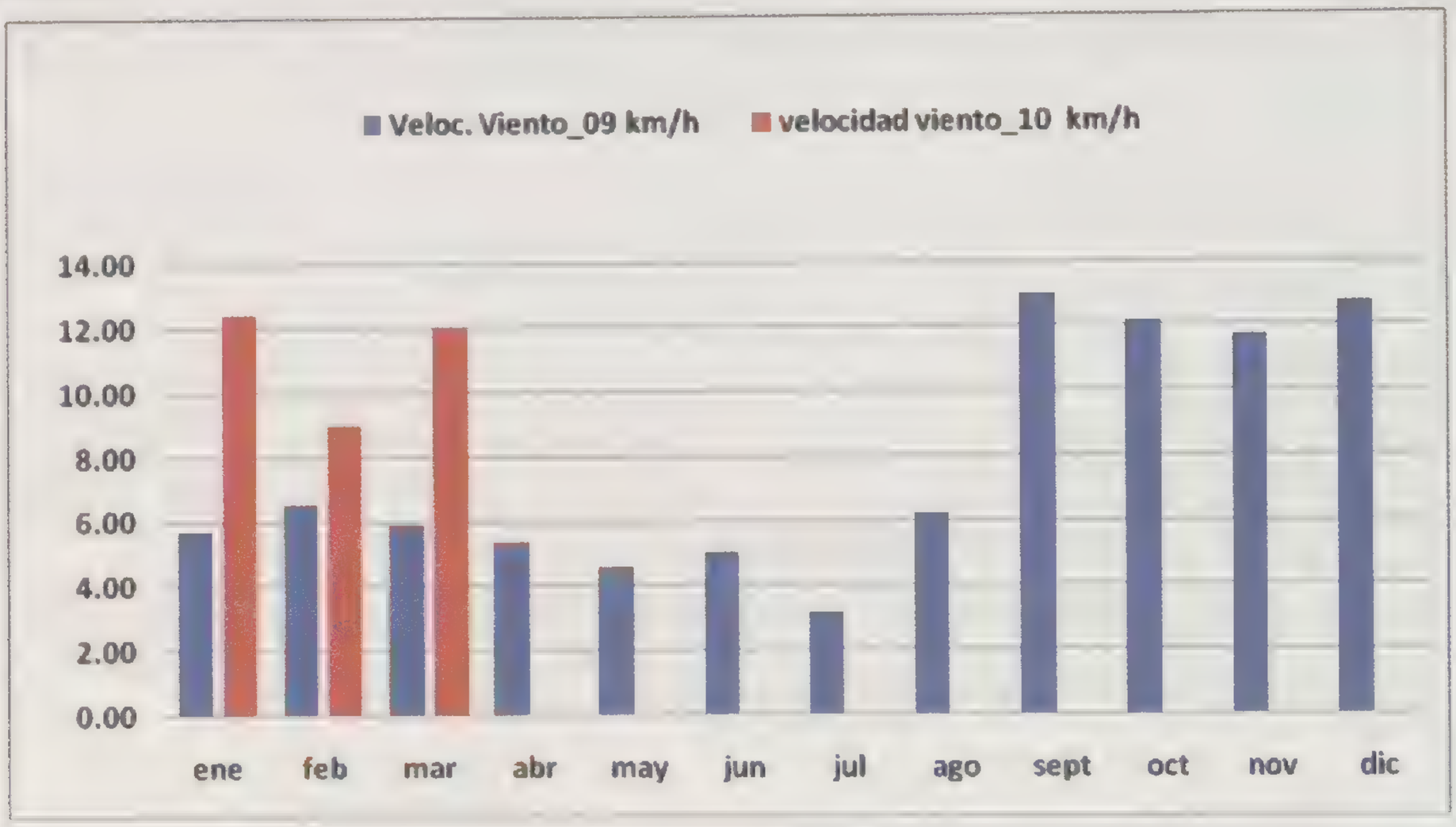



Fig. 8. Velocidad promedio del viento en km/h de Huaca de la Luna para los años 2009 y 2010.

**4. Vegetación:**

La vegetación aparece mayormente cuando la humedad es abundante (*e.g.*: lluvias veraniegas durante el ENSO), tanto en la planicie como bajo el cerro Blanco, donde existen semillas en estado de latencia en los suelos arenosos, arenosos-rocosos, principalmente de especies herbáceas efímeras (*e.g.*: Fig. 9).

La vegetación es muy variada y puede ser: 1) Anual o efímera (herbáceas), la cual es influenciada principalmente por la humedad, cuyo crecimiento máximo se evidencia durante la época de eventos El Niño, así como los observados entre los meses de enero y marzo del 2010 (siendo su punto más alto de precipitación en febrero con 22,74 mm, Fig. 6): e.g.: *Encelia canescens* (Asteraceae), *Tiquilia paronychioides* (Boraginaceae), *Exodeconus maritimus, Nolana humifusa* (Solanaceae), y 2) Leñosa o perenne (arbustivas o arbóreas): *e.g.*: *Acacia macracantha, Acacia huarango, Prosopis pallida* (Fabaceae), *Cryptocarpus pyriformis* (Nyctaginaceae), *Scutia spicata* (Rhamnaceae), L*ycium boerhaaviifolum* (Solanaceae) (Fig. 10).

**4.1. Ubicación fitogeográfica y zonas de vida:**

El área de estudio forma parte de la zona fitogeográfica de elevada riqueza endémica en su parte sureña Amotape-Huancabamba (Weigend, 2002). Según Mostacero *et al.* (1996) pertenece a la Región Neotropical, Dominio Andino y Provincia Desértica; que por las características fitogeográficas periódicas que presenta estaría ubicada dentro de las comunidades lomales.

Pertenece a las zonas de vida Desierto-Subtropical (d-ST) *sensu* Tosi (1960) y Desierto Desecado-Subtropical (dd-S) sensu ONERN (1976).

**4.2. Especies presentes en Huaca de la Luna:**

**MAGNOLIOPHYTA**

**Magnoliopsida**

AIZOACEAE

***Trianthema portulacastrum*** L., Sp. Pl. 1: 223-224. 1753.

N.V.: "falsa verdolaga"

AMARANTHACEAE

***Amaranthus hybridus*** L., Sp. Pl. 2: 990. 1753.

N.V.: "yuyo"

ASTERACEAE

***Encelia canescens*** Lam., Encycl. 2: 356. 1786. (16 Oct. 1786)

N.V.: "mataloba" . Fig. 9, 11A.

Fig. 9. Población de la especie *Encelia canescens* (Asteraceae) en el cerro Blanco, especie efímera que crece debido a la abundante precipitación y humedad.

Fig. 10. Especie leñosa *Lycium boerhaaviifolum* (Solanaceae) existente en cerro Blanco.

***Trixis cacalioides*** (Kunth) D. Don, Trans. Linn. Soc. London 16: 187. 1830.

N.V.:"glandularia"

BORAGINACEAE

***Tiquilia dichotoma*** (Ruiz & Pav.) Pers., Syn. Pl. 1: 157. 1805.

N.V.:"flor de arena grande". Fig. 11B

Al respecto, León & Sánchez (2006), indican que este taxón fue considerado por Brako & Zarucchi (1993) como un endemismo. Sin embargo, no ha sido posible evaluarlo, ni asignarle una categoría.

***Tiquilia paronychioides*** (Phil.) A.T. Richardson, Sida 6(3): 236. 1976.

N.V.:"flor de arena". Fig. 11C

CACTACEAE

***Neoraimondia arequipensis*** Backeb. subsp. ***roseiflora*** (Werdermann & Backeb.) Ostolaza, Cactaceae Consensus Initiatives, 6: 9. 1998.

N.V.: "giganton".

Cactus arbustivo, columnar, existente en la Provincia de Trujillo (*e.g.*: zona rocosa del Cerro Campana). Arakaki *et al.* (2006) indica que se distribuye en varias localidades; por lo que se le categoriza como de preocupación menor (LC). Numerosos individuos de esta especie, han sido sembrados frente del museo de sitio Huacas de Moche; al igual que la latescente columnar *Euphorbia* sp. (Euphorbiaceae) y *Furcraea andina* Trelease (Asparagaceae) "cabuya".

No se descarta la presencia de *Haageocereus pacalaensis* Backeb. subsp. *repens* (Rauh & Backeb.) Ostolaza "rabo de zorro". Cactus arbustivo postrado de flores blancas que sólo existe en una población, a 10 km al sur de la ciudad de Trujillo y restringida a 2 km$^2$. Desde el año 2000 se ha registrado cerca de 400 individuos, número que ha ido decreciendo rápidamente por la expansión agrícola (ver Arakaki *et al.*, 2006).

CHENOPODIACEAE

***Chenopodium petiolare*** Kunth, Nov. Gen. Sp. (quarto ed.) 2: 191. 1817[1818]. (Feb 1818)

CUCURBITACEAE

***Citrullus vulgaris*** Schrad. ex Eckl. & Zeyh., Enum. Pl. Afr. Austral. 2: 279. 1836.

N.V.: "sandía" .

Nota: Especie cultivada. Fue encontrada en cerro Blanco.

FABACEAE

***Acacia huarango*** Ruiz ex J.F. Macbr., Publ. Field Columbian Mus., Bot. Ser. 8(2): 90. 1930.

N.V.: "huarango"

Nota: Especie que se comporta como controlador de dunas.

***Acacia macracantha*** Humb. & Bonpl. ex Willd., Sp. Pl. 4(2): 1080-1081. 1806. (Apr 1806)

N.V.: "espino"

***Hoffmanseggia prostrata*** Lag. ex DC., Prodr. 2: 485. 1825. Fig. 11D.

***Parkinsonia aculeata*** L., Sp. Pl. 1: 375. 1753. (1 May 1753)

N.V.: "azote de cristo"

***Prosopis pallida*** (Humb. & Bonpl. ex Willd.) Kunth, Nov. Gen. Sp. (quarto ed.) 6: 309. 1823.

N.V.: "algarrobo"

LORANTHACEAE

***Psittacanthus chanduyensis*** Eichler, Fl. Bras. 5(2): 27. 1868.

N.V.:"suelda con suelda"

MALVACEAE

***Sidastrum paniculatum*** (L.) Fryxell, Syst. Nat. (ed. 10) 2: 1145. 1759.

N.V.:"escoba", " pichana"

NYCTAGINACEAE

***Boerhavia erecta*** L., Sp. Pl. 1: 3. 1753.

N.V.: "pega pega"

***Cryptocarpus pyriformis*** Kunth, Nov. Gen. Sp. (quarto ed.) 2: 188, pl. 124. 1817.

.V.:"chope"

PASSIFLORACEAE

***Passiflora foetida*** L., Sp. Pl. 2: 959. 1753.

N.V.:"granadilla de culebra"

PORTULACACEAE

***Portulaca oleracea*** L., Sp.Pl. 1: 445. 1753. (1 May 1753)

N.V.: "verdolaga"

RHAMNACEAE

***Scutia spicata*** (Humb. & Bonpl. ex Willd.) Weberb., Publ. Field Columbian Mus., Bot. Ser. 8(2): 83. 1930.

N.V.:"peal"

Nota: Especie que se comporta como controlador de dunas.

SOLANACEAE

***Exodeconus maritimus*** (Benth.) D'Arcy, Solanaceae Newslett. 2(4): 19. 1986. Fig. 11E.

***Lycium boerhaaviifolum*** L. f., Suppl. Pl. 150. 1781 [1782]. (Apr. 1782)

N.V.: "palo negro". Fig. 10.

***Nolana humifusa*** (Gouan) I.M. Johnst., Contr. Gray Herb. 112: 50. 1936. Fig. 11F.

*Knapp et al.* (2006) mencionan que esta especie anual no fue señalada como endémica por Brako & Zarucchi (1993). Sin embargo, la reconocen como un endemismo y categorizan como casi amenazada (NT); debido a que sus poblaciones están naturalmente fragmentadas. Dillon *et al.* (2003) indican que el género *Nolana* es el único a ser encontrado en casi todas las formaciones lomales.

***Solanum pimpinellifolium*** L., Cent. Pl. I 1: 8. 1755.

N.V.:"tomatillo silvestre"

ZYGOPHYLLACEAE

***Tribulus terrestris*** L., Sp.Pl. 1: 387. 1753. (1 May 1753)

N.V.:"cachito", "abrojo".

**Liliopsida**

POACEAE

***Cenchrus echinatus*** L., Sp.Pl. 2: 1050. 1753.

N.V.:"cadillo"

***Gynerium sagittatum*** (Aubl.) P. Beauv., Ess. Agrostogr. 138, 153. 1812.

N.V.: "caña brava".

Se evidencia una población en el parador turístico. Especie mayormente ribereña. Existen otras especies que crecen a orillas del río Moche (parte basal del área de estudio) y consideradas ribereñas, tales como: *Baccharis salicifolia* "chilco macho", *Baccharis glutinosa* "chilco hembra" y *Tessaria integrifolia* "pájaro bobo" (Asteraceae), *Schinus molle* (Anacardiaceae) "molle", *Salix chilensis* (Salicaceae) "sauce", *Phragmites australis* (Poaceae) "carricillo" muy utilizado para confeccionar canastas y esteras, entre otras; sin embargo no han sido encontradas en el área de estudio a pesar de su cercanía.

Las especies listadas en la presente investigación también se localizan en la base y piso inferior del Cerro Campana (Sagástegui *et al.*, 1988). Así mismo, parte de ellas son citadas para el valle Santa Catalina (Rodríguez *et al.*, 1992) y la Flora del algarrobal de Moro (Rodriguez *et al.*, 1996). Se indica que *Tiquilia dichotoma* (Boraginaceae), *Neoraimondia arequipensis* subsp. *roseiflora* (Cactaceae) y *Nolana humifusa* (Solanaceae) son consideradas como especies endémicas del Perú (Brako & Zarucchi, 1993; Knapp *et al.*, 2006; Arakaki *et al.*, 2006; León & Sánchez, 2006).

Fig. 11. *A. Encelia canescens; B. Tiquilia dichotoma; C. Tiquilia paronychioides; D. Hoffmanseggia prostrata; E. Exodeconus maritimus; F. Nolana humifusa (inf. der.).*

## Conclusiones

Existe un total de 17 familias, 26 géneros y 28 especies de plantas para Huaca de la Luna en las colecciones efectuadas en el verano del año 2010.

*Tiquilia dichotoma* (Boraginaceae), *Neoraimondia arequipensis* subsp. *roseiflora* (Cactaceae) y *Nolana humifusa* (Solanaceae) son consideradas como especies endémicas del Perú

## Agradecimientos

Un especial agradecimiento al Dr. Ricardo Morales del Proyecto Huaca de la Luna de la Universidad Nacional de Trujillo por el apoyo en la realización del presente trabajo. Al Director del Herbarium Truxillense (HUT), Ms.C. Julio Chico Ruiz por permitir la revisión de las colecciones botánicas y biblioteca. A Segundo Leiva G. y Mario Zapata C. (ambos HAO) por permitir la divulgación del presente estudio.

## Literatura citada


**Arakaki, M.; C. Ostolaza, F Cáceres & J. Roque.** 2006. Cactaceae endémicas del Perú. *En* El libro rojo de las plantas endémicas del Perú. Ed · Blanca León et al. *Rev. peru. biol.* Numero especial 13(2) 193-219

**Brako, L. & J. Zarucchi.** 1993. Catálogo de las Angiospermas y Gimnospermas del Peru. Monogr Syst. Bot. Missouri Bot. Garden. Vol 45

**Briceño, J., E. Rodriguez, L. Pollack & C. Vergara** 1994. **Importancia natural y cultural del Cerro Campana. Estado actual y perspectivas. En II** Jornadas de Investigación en Ciencias Biológicas. Pag. 402 – 406.

**Cronquist, A.** 1981. **An Integrated System of** Classification of Flowering Plants. Edit. Columbia **University Press. New York. NY. U S A**

**Cronquist, A.** 1988. The Evolution and Classification of Flowering Plants. 2nd Edition. Edit. The New York Botanical Garden. Bronx. New York. NY. U S A

**Dillon, M.O.; M. Nakazawa & S. Leiva.** 2003. The Lomas Formations of Coastal Peru: Composition and Biogeographic History. *In* El Niño in Peru: Biology and Culture Over 10,000 Years. Edit J.Hess & M.O. Dillon. Fieldiana Botany n.s. 43: 1-9.

**Fernández, A. & E. Rodriguez.** 2007. Etnobotánica del Peru Pre Hispano. Ediciones Herbarium Truxillense (HUT). Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo, Perú.

**Holmgren, P. K., N. H. Holmgren & L. C. Barnett.** 1990. Index Herbariorum. Part. I. The Herbaria of the World. 8th. ed. The New York Botanical Garden. Bronx, New York. U S A

**Knapp, K.; D. M. Spooner; B. León.** 2006. Solanaceae endémicas del Perú. En: El libro rojo de las plantas endémicas del Perú. Ed. Blanca León *et al.* Rev. peru. biol. Numero especial. 13(2): 612 - 643.

**León, B. & I. Sánchez.** 2006. Boraginaceae endémicas del Peru. En: El libro rojo de las plantas endémicas del Peru. Ed. **Blanca León *et al.*** Rev. peru. biol. Numero especial. 13(2): 177-181.

**Macbride, F.** 1936-1971. Flora of Peru. Vol. XIII. Parte I y siguientes. Field Museum of Natural History. Chicago, USA.

**Mora, M.; E. Rodriguez, S. Arroyo, R. Aguirre; L. Pollack & R. Rivera.** 2009. Loma el Cerro Campana (Trujillo, La Libertad, Perú), un ecosistema que necesita planes de conservación urgente. Capítulo Flora. Libro Resúmenes Congreso Internacional de Ecología. 24-29 noviembre 2009. Trujillo-Perú. Pág. 70.

**Morales, R. E.** 2008. Impacto de la Gestión Ambiental y Turístico Cultural en la Conservación de las Huacas de Moche. Valle de Moche. Tesis para optar el grado de Maestro en Ciencias Biológicas con Mención en Gestión Ambiental. Escuela de Postgrado. Universidad Nacional de Trujillo.

**Mostacero, J.; F. Mejía & F. Peláez.** 1996. Fitogeografía del Norte del Perú. CONCYTEC. Lima-Perú.

**Municipalidad Provincial de Trujillo.** 2002. Geología de Trujillo y Alrededores. La Naturaleza. En Atlas Ambiental de la Ciudad de Trujillo. Edit. Talleres Gráficos de Quebedor World Perú S.A. Lima. Peru. Pág. 12.

**Ogawa, H.; S. Oka & N. Ohga.** 1986. The meso and local scale distribution of lomas vegetation and their determining factors in the coastal desert southern Peru. En Ono, M. (Edit.) Taxonomic and ecological studies on the lomas vegetation in the Pacific Coast of Peru. Tokyo Metropolitan University.

**ONERN.** 1976. Mapa Ecológico del Peru. Guía Explicativa. República del Peru. Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales.

**Rodríguez, R.; E. Rodríguez; S. Bauer & N. Ponte.** 1992. Avances sobre la flora apícola silvestre del valle Santa Catalina. Trujillo. Peru. Pnmeras Jornadas de Investigación en CC. BB. Fac. CC. BB. UNT. Trujillo. Peru. Pp. 156-159.

**Rodríguez, E.; M. Mora & W. Aguilar.** 1996. Inventario Florístico de El Algarrobal de Moro (Provincia de Chepén, Departamento de La Libertad) y su importancia económica. REBIOL. 16(1-2): 57-65.

**Rodríguez, E. & R. Rojas.** 2002. El Herbario. Administración y Manejo de Colecciones Botánicas. Edit. por R. Vásquez M., Missouri Botanical Garden, St. Louis, U S A.

**Sagástegui, A.** 1973. Manual de las malezas de la costa norperuana. Talleres Gráficos de la Univ. Nac. Trujillo. Trujillo, Peru.

**Sagástegui, A., J. Mostacero & S. López.** 1988. Fitoecología del "Cerro Campana" (Provincia de Trujillo). Boletín de la Sociedad Botánica de la Libertad. 14(1-2): 1-47.

**Sagástegui, A. & S. Leiva.** 1993. Flora invasora de los cultivos del Perú. Edit. Libertad. Trujillo, Peru.

**Shuichi, O. & O. Hajime.** 1984. The distribution of lomas vegetation and its climatic enviroments along the pacific coast of Peru. Geografichal Reports of Tokio Metropolitan University Tokio. Nº 19.

**Uceda, S.** 2008. La Huaca de la Luna, valle de Moche: una reevaluación del sitio (II parte)". ARKINKA 153: 84-89.

**Tosi, J.** 1960. Zonas de Vida Natural en el Perú. IICA-OEA.

**Weberbauer, A.** 1945. El Mundo Vegetal de los Andes Peruanos. Est. Exp. Agr. La Molina. Lima, Perú.

**Weigend, M.** 2002. Observations on the Biogeography of the Amotape-Huancabamba Zone in Northern Peru. *In*: K. Young *et al.*, Plant Evolution and Endemism in Andean South America. Bot. Review 68(1): 38–54.

*Arnaldoa* 19(2): 189 - 193, 2012 ISSN: 1815 - 8242

# Influencia de la salinidad y nitrato de sodio en la producción de biomasa de *Tetraselmis* sp. (Chlorodendraceae)

## Influence of salinity and sodium nitrate in the production of biomass in *Tetraselmis* sp. (Chlorodendraceae)

*César Grosso Gamboa & Eloy López Medina*

Laboratorio de Fisiología y cultivo de Tejidos Vegetales. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Nacional de Trujillo, Av. Juan Pablo II s/n, Trujillo - PERÚ. *grosso_biotecnology@hotmail.com*

## Resumen

La situación actual del ambiente demanda urgentemente fuentes alternativas de energía, basadas en procesos sustentables, renovables, que posibiliten la captura de $CO_2$. Las microalgas son una alternativa ventajosa para la producción de biodiesel, debido al elevado contenido de lípidos y perfil idóneo para la obtención del biocombustible, que éstas ofrecen. La presente investigación estudió el efecto de diferentes niveles de Nitrato de Sodio (2mM, 4mM, 8mM) y salinidad (0.8M, 1.0M, 1.5M) en el crecimiento y producción de biomasa en *Tetraselmis sp.* El cultivo se realizó en biorreactores cerrados de cultivo continuo, con inyección de aire estéril. Los experimentos se realizaron por triplicado y se mantuvieron a un fotoperiodo de 24 horas luz (24:0), y recuento celular diario por siete días. Los resultados expresaron que hubo una correlación negativa entre la salinidad y la densidad celular a concentraciones mayores de 53.76g/L (1.0M). La máxima densidad celular obtenida por efecto del Nitrato de Sodio (8mM) y Cloruro de Sodio (0.8M) fue $189.33x10^3$ y $42.68x10^3$ cel/mL. La menor densidad celular obtenida por efecto del Nitrato de Sodio (2mM) y Cloruro de Sodio (1.5M) fue $121.56x10^3$ y $4.124x10^3$ cel/mL. El medio con 8mM de Nitrato de Sodio fue el que mayor producción de biomasa seca significativa ($p<0.05$) presentó, con 0.529g en 800mL. El medio con 1.5M de Cloruro de Sodio fue el que más afectó la producción, con 0.012g.

**Palabras clave**: *Tetraselmis sp,* crecimiento celular, microalgas, salinidad, Nitrato de Sodio.

## Abstract

The current situation demands urgent environmental alternative energy sources, based on sustainable processes, renewable; that allow the capture of $CO_2$. Microalgae are an advantageous alternative for biodiesel production owing to the high lipid content and profile suitable for the production of biofuels, they offer. This research studied the effect of different levels of sodium nitrate (2mM, 4mM, 8mM) and salinity (0.8M, 1.0M, 1.5M) in growth and biomass production of *Tetraselmis* sp. The cultivation was carried out in continuous culture closed bioreactors, with injection of sterile air. The experiments were performed in triplicate and maintained at a photoperiod of 24 hours light (24:0), and cell count daily for seven days. The results showed that there was a negative correlation between salinity and cell density at higher concentrations of 53.76g / L (1.0M). The maximum cell density obtained by the effect of sodium nitrate (8 mM) and sodium chloride (0.8M) was 189.33x103 and 42.68x103 cells / mL. The lower cell density obtained by the effect of sodium nitrate (2 mM) and sodium chloride (1.5M) was 121.56x103 and 4.124x103 cells / mL. The medium with 8 mM sodium nitrate was the highest production of dry biomass ($p <0.05$) had 0.529g in 800 ml. The medium with 1.5 M sodium chloride showed the production most affected with 0.012g.

**Key words:** *Tetraselmis* sp, cell growth, microalgae, salinity, sodium nitrate.

## Introducción

Las dificultades ambientales causadas por los gases de invernadero, tales como la contaminación local del aire y el calentamiento global, son problemas que afronta la humanidad en la actualidad. Desde hace décadas, se conoce la estrecha relación entre el aumento continuo de emisión de gases de efecto invernadero y el cambio global. (Ludevid, 1997; Loera-Quezada, 2010).

Los gases causantes del efecto invernadero son, el Dióxido de Carbono ($CO_2$), Metano ($CH_4$), Oxido Nitroso $N_2O$, Vapor de Agua ($H_2O$), Ozono ($O_3$), Hidrofluorocarbonos o HFC, Perfluorocarbonos o PFC,

Hexafluoruro de azufre o $SF_6$ .

Entre los gases de efecto invernadero se encuentra el Dióxido de Carbono ($CO_2$), que es producido por la utilización de combustible fósil (petróleo, gas y carbón) y por el cambio de uso de la tierra (deforestación). Este gas ha contribuido a mantener una temperatura constante dentro de la tierra, sin embargo en la actualidad, es responsable de casi el 76 % del calentamiento global previsto para los próximos años (Ludevid, 1997).

Esta situación demanda urgentemente fuentes alternativas de energía basadas en procesos sustentables, renovables y amigables con el ambiente, que además posibiliten la captura de Dióxido de Carbono ($CO_2$) (Garibay, 2009; García, 2010)).

Los biocombustibles, desde una perspectiva etimológica, serían los combustibles de origen biológico, pero esta definición incluye al petróleo, ya que este procede de restos fósiles que existen desde hace millones de años. Una mejor definición es que son los combustibles de origen biológico obtenidos de manera renovable a partir de restos orgánicos. Los biocombustibles constituyen la primera fuente de energía que conoció la humanidad.

Dentro de las posibles fuentes de energías renovables destaca la biomasa microalgal, clave en el cumplimiento de los objetivos energéticos que se han planteado tanto en Europa como en Sudamérica. Dichos objetivos se centran en la diversificación energética, disminución de la dependencia de la energía externa y en la reducción de la emisión de gases de efecto invernadero (García, 2010).

Actualmente los científicos definen a las algas como un "petróleo" biológico, al ser un recurso biológico renovable y que absorbe $CO_2$ de forma constante Con el fin de producir eficientemente biodiesel a partir de algas, se recomienda la elección de cepas con alto nivel de crecimiento y alto contenido en aceite (Cifuentes et al., 1996; Gomez & María, 1997; Garibay, 2009).

El cultivo industrial de las microalgas es un campo que en las últimas décadas están tomando creciente interés en muchos países debido a la particularidad especial que exhiben la bioproducción de su biomasa y metabolitos de aplicación en la industria de alimentos saludables, farmacéuticos y biomedicina (Leal *et al*., 2005).

## Material y métodos

***Obtención del Material Biológico:***

Se usó la microalgas *Tetraselmis* sp, proporcionadas por la Universidad de Santa - Chimbote.

***Evaluación del efecto de la salinidad***

La salinidad del medio se obtuvo agregando Cloruro de Sodio a un volumen de agua de mar hasta la concentración deseada. Se consideró que el agua de mar tiene una concentración de sal de 35 g/l. Aguilar (1995). Así, para llegar a una solución 1M (equivalente 58.44 g/l) se mezcló 18.76g de Cloruro de Sodio con agua de mar y se enrasó a 800mL.

***Evaluación del efecto del Nitrógeno***

La concentración salina usada en estas pruebas, fue la salinidad natural de agua de mar de Huanchaco, aproximadamente 35g/L (0.6M). Dado que uno de los factores influyentes en el cultivo de microalgas es la salinidad que conlleva en muchos casos, a un estado de estrés salino lo cual altera la producción de sus diversos metabolitos (Serpa, 2005; López, 2008).

Respecto a las concentraciones de la fuente de Nitrógeno ($NaNO_3$), se probaron tres niveles de concentración 2mM, 4mM y 8mM.

En cada tratamiento se usó 800 mL de la solución experimental y se inoculó con 5 mL del cultivo stock mantenido en el mismo medio en fase estacionaria temprana. Cada tratamiento fue repetido tres veces al mismo tiempo (1x, 2x y 3x). Los tratamientos se expusieron a un fotoperiodo de luz continua (24:0).

Los cultivos fueron periódicamente muestreados y analizadas para determinar la densidad celular. Para determinar la densidad celular cada muestra fue fijada con formol al 0.5%.

***Densidad celular***

El crecimiento de la microalga se determinó mediante el recuento celular diario, hasta haber

cumplido 7 días desde el día del inoculo, utilizando una cámara de NEUBAUER o HEMOCITOMETRO.

**Análisis estadístico**

En cada uno de los factores analizados (salinidad y concentración de Nitrato) y en las variables analizadas se compararon los datos mediante el método de ANOVA. La determinación de homogeneidad y heterogeneidad de tratamientos se realizó mediante la prueba Tukey (Sokal & Rohlf, 1995).

## Resultados

Tabla1. Valores originales y sus estimadores aritméticos de la densidad celular de *Tetraselmis* sp (x$10^3$ cel/mL) obtenida el día 7.

| TRATAMIENTOS | | REPETICIONES | | | ESTIMADORES | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Código | Cultivo | 1 | 2 | 3 | ∑ | x | $S^2$ | S |
| T1 | $NaNO_3$ (2mM) | 115.25 | 113.883 | 135.55 | 364.683 | 121.56 | 147.236 | 12.134 |
| T2 | $NaNO_3$ (4mM) | 134.02 | 136.853 | 165.36 | 436.233 | 145.41 | 300.478 | 17.334 |
| T3 | $NaNO_3$ (8mM) | 192.53 | 189.015 | 186.43 | 567.975 | 189.33 | 9.375 | 3.062 |
| T4 | NaCl (0.8M) | 83.47 | 74.64 | 77.12 | 235.230 | 78.41 | 20.740 | 4.554 |
| T5 | NaCl (1.0M) | 40.35 | 42.13 | 45.56 | 128.040 | 42.68 | 7.013 | 2.648 |
| T6 | NaCl (1.5M) | 5.02 | 3.502 | 3.85 | 12.372 | 4.12 | 0.632 | 0.795 |
| Blanco | Agua de mar | 108.86 | 113.23 | 112.08 | 334.170 | 111.39 | 5.131 | 2.265 |

Tabla 2. Valores originales y sus estimadores aritméticos de la biomasa total (g) de *Tetraselmis sp* obtenida el día 7.

| TRATAMIENTOS | | REPETICIONES | | | ESTIMADORES | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Código | Cultivo | 1 | 2 | 3 | ∑ | x | $S^2$ | S |
| T1 | NaNO3 (2mM) | 0.322 | 0.318 | 0.379 | 1.019 | 0.340 | 0.001 | 0.034 |
| T2 | NaNO3 (4mM) | 0.374 | 0.382 | 0.462 | 1.218 | 0.406 | 0.002 | 0.049 |
| T3 | NaNO3 (8mM) | 0.538 | 0.528 | 0.521 | 1.587 | 0.529 | 0.000 | 0.009 |
| T4 | NaCl (0.8M) | 0.233 | 0.209 | 0.215 | 0.657 | 0.219 | 0.000 | 0.013 |
| T5 | NaCl (1.0M) | 0.113 | 0.118 | 0.127 | 0.358 | 0.119 | 0.000 | 0.007 |
| T6 | NaCl (1.5M) | 0.014 | 0.010 | 0.011 | 0.035 | 0.012 | 0.000 | 0.002 |
| Blanco | Agua de mar | 0.304 | 0.316 | 0.313 | 0.934 | 0.311 | 0.000 | 0.006 |

## Discusión

Entre los diferentes componentes del medio de cultivo, la fuente y concentración de nitrógeno determinan en gran medida los cambios en el crecimiento y composición bioquímica de una especie microalgal, influyendo fundamentalmente, sobre el contenido proteico y de la fracción lipídica (Share, 2007; Rosales *et al.*, 2008).

El medio con 8mM de Nitrato de Sodio fue el que mayor producción de biomasa seca significativa ($p<0.05$) presentó, con 0.529g en 800mL, debido a que un factor importante en la preparación de un medio de cultivo para microalgas es la forma en la cual el nitrógeno es suministrado. Generalmente, las microalgas son capaces de utilizar nitrato, amonio o urea, siendo el

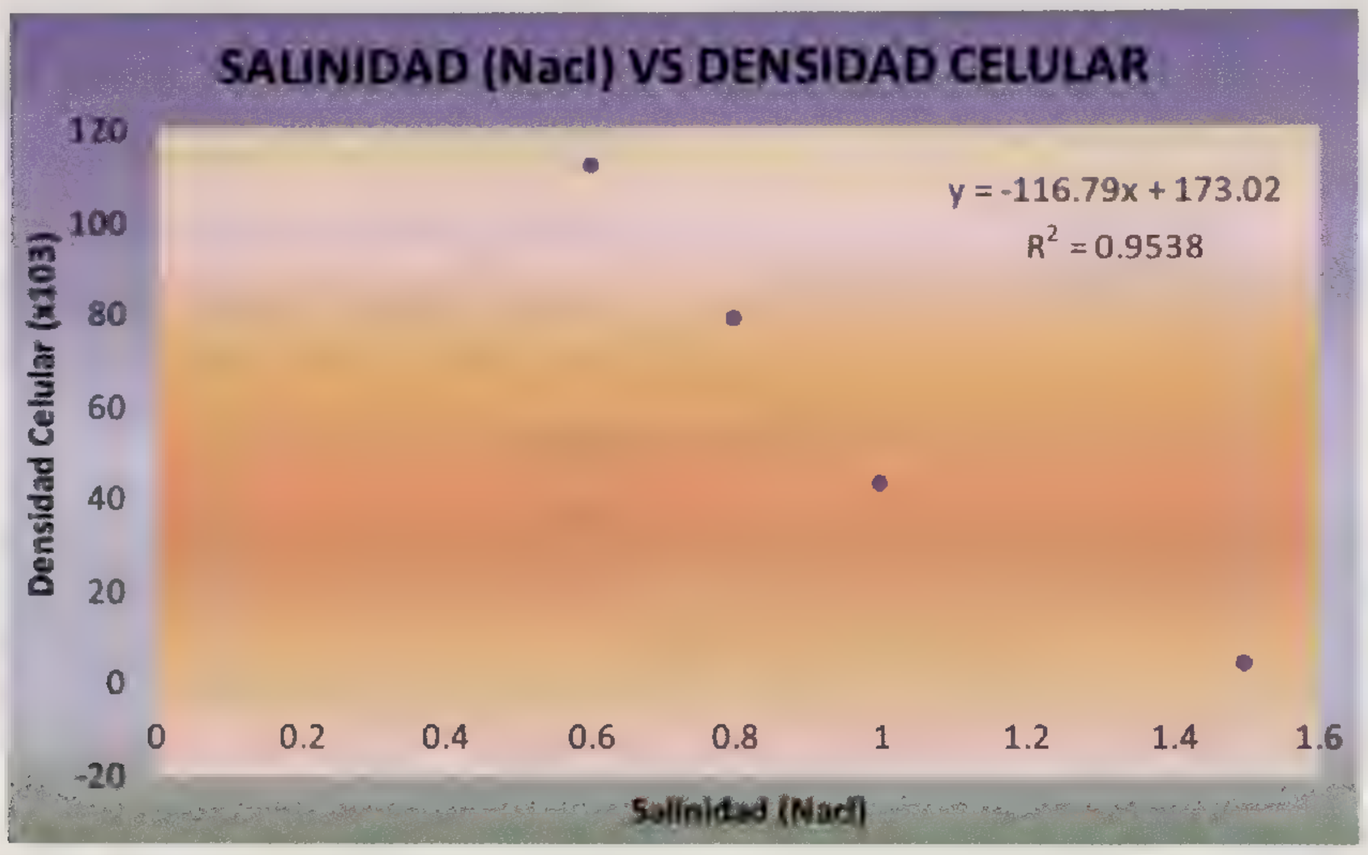



Fig. 1. Coeficiente de correlación lineal de Salinidad vs. Densidad celular de *Tetraselmis* sp.

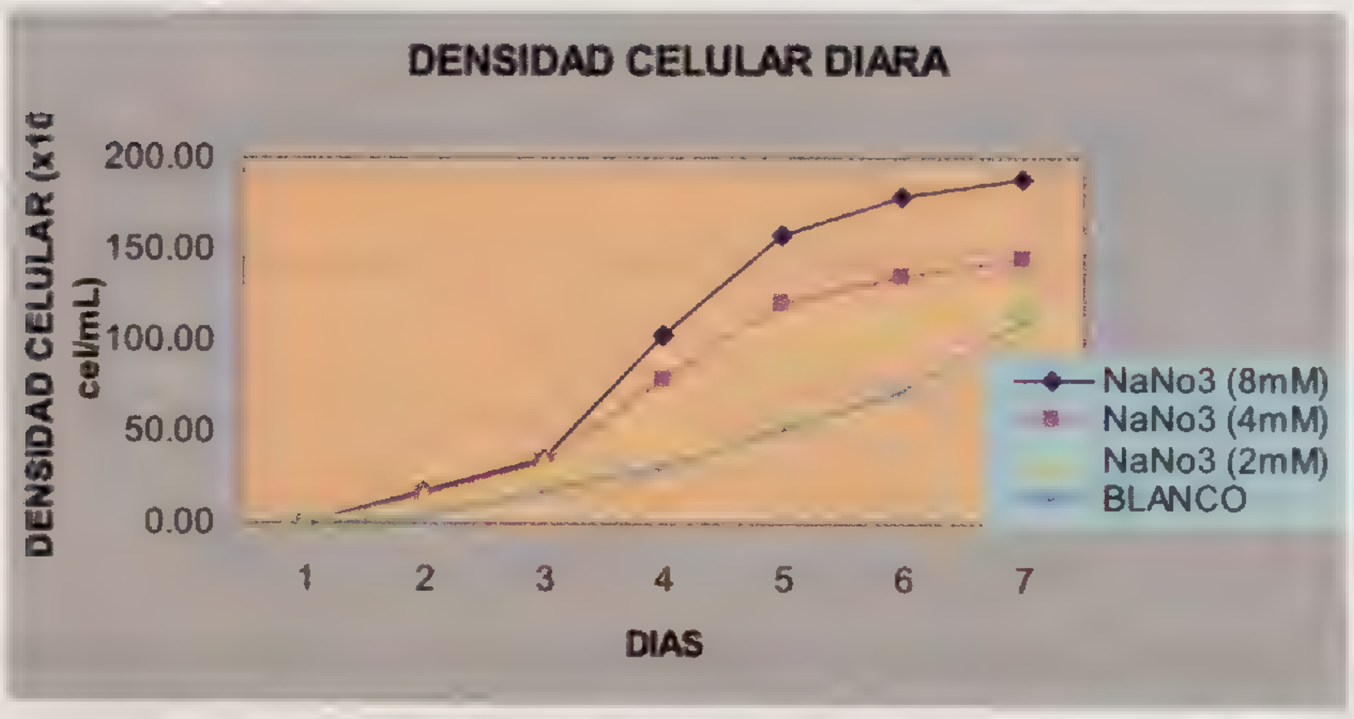



Fig. 2. Monitoreo de la densidad celular de *Tetraselmis* sp (x$10^3$ Cel/mL) relacionando los 3 tratamientos de $NaNO_3$ con el Blanco.

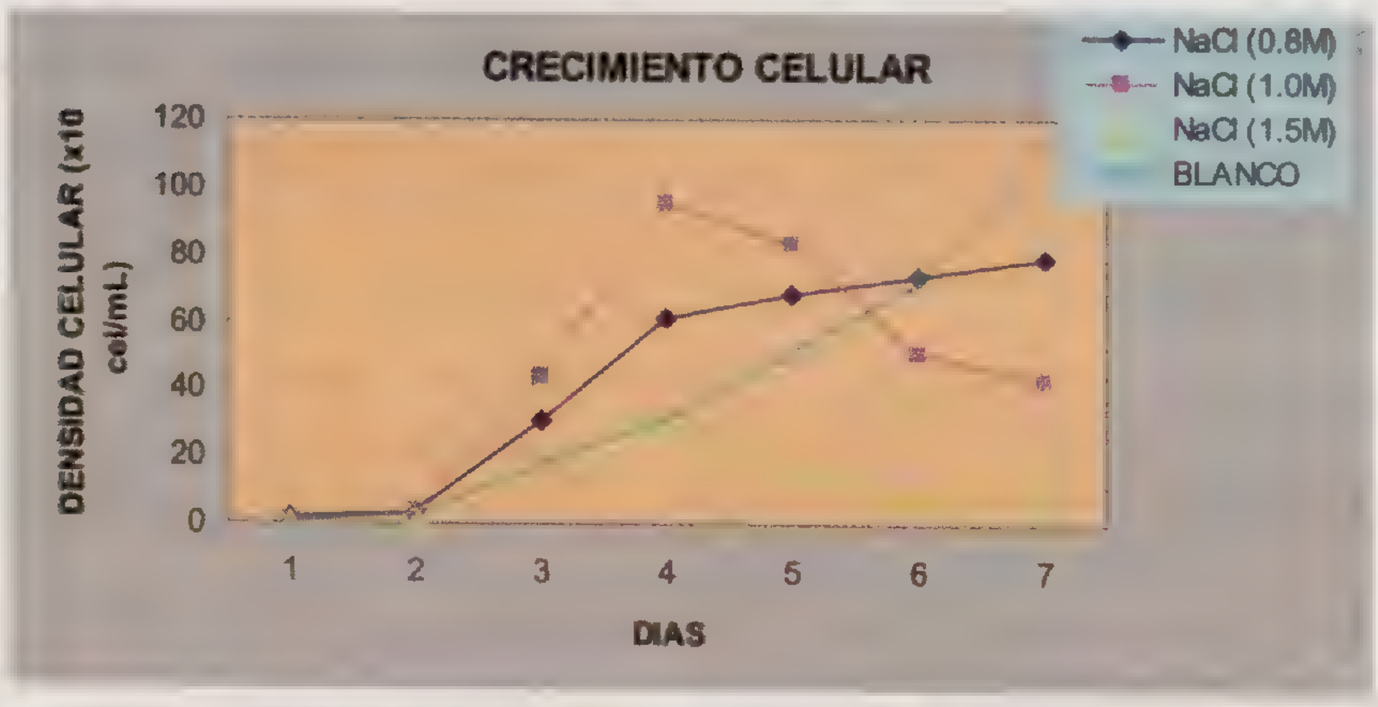



Fig. 3. Monitoreo de la densidad celular de *Tetraselmis* sp (x$10^3$ Cel/mL) comparando los 3 tratamientos de $NaNO_3$ con el Blanco.

nitrato uno de las fuentes mas utilizadas en el cultivo de microalgas. Por su toxicidad a altas concentraciones, el nitrito es menos conveniente como fuente de nitrógeno; éste tiene, además, un efecto negativo sobre la productividad de los cultivos de algunas especies de microalgas (Serpa, 2006; Loera, 2010).

Por otra parte la máxima densidad celular obtenida por efecto del Nitrato de Sodio (8mM) que a pesar de no presentar diferencias significativas, su valor fue mayor con respecto a los demás tratamientos, esto fue debido a que se utilizó nitrato como fuente de nitrógeno, reportándose que alcanza la misma velocidad de

crecimiento que si se utilizara amonio o urea, siendo el nitrato la fuente más importante frecuentemente disponible en medios naturales. De forma general, en la naturaleza, las microalgas rara vez disponen de abundante concentración de nitrógeno, lo que ha inducido a la explotación eficiente de cualquier fuente potencialmente disponible sin cambios apreciables en las tasas de crecimiento (Serpa, 2005; 2006).

## Conclusiones

Los resultados expresaron que hubo una correlación negativa entre la salinidad y la densidad celular a concentraciones mayores de 35g/L (0.6M).

La máxima densidad celular obtenida por efecto del Nitrato de Sodio (8mM) y Cloruro de Sodio (0.8M) fue $189.33x10^3$ y $42.68x10^3$ cel/mL respectivamente.

La menor densidad celular obtenida por efecto del Nitrato de Sodio (2mM) y Cloruro de Sodio (1.5M) fue $121.56x10^3$ y $4.124x10^3$ cel/mL.

## Literatura citada

**Cifuentes, A.; M. Gonzales; O. Parra & M. Zuñiga** 1996. Cultivo de *Dunaliella salina* (Teodoresco 1905) en diferentes medios bajo condiciones de laboratorio. Revista Chilena de Historia Natural 69: 105-112.

**García, M. J.** 2010. Captura de CO2 mediante algas unicelulares. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos, Madrid, 118 p.

**Garibay, A.; R. Vásquez; M. Sánchez; L. Serrano & A. Martínez.** 2009. Biodiesel a Partir de Microalgas. BioTecnología, Vol. 13 (3): 38-61.

**Gómez, L. M.** 1997. Cultivo y aplicación de las microalgas *Dunaliella salina* y *Chlorella vulgaris* en Cuba. Tesis Para optar el grado de Doctor. Universidad de la Coruña. España. 265 pp.

**Leal, E.; C. Tapia & C. Vargas.** 2005. Crecimiento de *Dunaliella salina* con polvillo de horno de cemento subproducto de la fabricación industrial del cemento. Dugandia 1 (2): 9-16.

**Loera, O.** 2010 "Las microalgas oleaginosas como fuente de biodiesel: retos y oportunidades". Rev Latinoam Biotecnol Amb Algal 1(1):91-116

**López, Y. K.** 2008. Caracterización genética y de metabolitos secundarios de diferentes aislamientos de *Dunaliella salina* bajo condiciones de estrés salino. Tesis para obtener el grado de Maestro. Instituto Politécnico Nacional. Tamaulipas. México. 79 pp.

**Rosales, L. N.; D. Avendaño; A. Otero & E. Morales.** 2008. Crecimiento, producción de pigmentos y proteínas de la microalga *Dunaliella viridis* (Chlorophyta) en cultivos semicontinuos. Boletín del Centro de Investigaciones Biológicas 42(3): 323-334.

**Serpa, R. F. & A. Calderón.** 2005. Efecto del estrés por salinidad en cuatro cepas de *Dunaliella salina* Teod. en el Perú. Ecología Aplicada, 4(1-2): 128-133.

**Serpa, R. F. & A. Calderón.** 2006. Efecto de diferentes fuentes de nitrógeno en el contenido de carotenoides y clorofila de cuatro cepas peruanas de *Dunaliella salina* Teod. Ecología Aplicada, 5(1-2): 128-133.

**Share, C. & M. Huesemann.** 2007. Lipid production by *Dunaliella salina* in batch culture: effects of nitrogen limitation and light intensity. Journal of Undergraduate Research VII: 115-122.

**Sokal, R. & F. Rohlf.** 1995. The principles and practice of statistics in biological research. Third Edition. W.H.Freeman,New York. 887 p.

*Arnaldoa* 19(2): 195 - 202, 2012 ISSN: 1815 - 8242

# Efecto del glifosato a diferentes concentraciones y tiempos de exposición sobre el índice mitótico y de fases en células meristemáticas de ápices radiculares de *Allium cepa L*

## Effect of glyphosate at different concentrations and exposure times on mitotic index and phase in meristematic cells of root tips of *Allium cepa* L

***José Luis Castillo Zavala, Irene Consuelo Julca Chávez, José María Castillo Zavala, Jorge Elias, Castro Silupú, José Antonio Saldaña Jiménez.***
Laboratorio de Fitogenetica, Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional de Trujillo, Av. Juan Pablo II s/n, Trujillo, PERÚ. *castillo_zavala_jl@hotmail.com*

## Resumen

En el presente trabajo, se determinó el efecto del glifosato a diferentes concentraciones y tiempos de exposición sobre el índice mitótico y de fases, en células meristemáticas de ápices radículares en *Allium cepa L.* Se utilizaron bulbos que fueron colocados en vasos de tecnopor con agua, en condiciones de oscuridad y aireación constante. Cuando las raicillas alcanzaron una longitud de 2 a 3 cm; se trasladaron a soluciones que contenían Glifosato a concentraciones de 15, 30 y 45 ppm durante 6, 12 y 24 horas de exposición. Otro grupo de bulbos no fueron expuestos al Glifosato, los cuales constituyeron el control. Posteriormente se procedió a cortar las raicillas, para realizar el análisis citológico y determinar así los índices mitóticos y de fases. Los valores obtenidos en las diferentes concentraciones de Glifosato, fueron comparados con los del grupo control. Observando una disminución en el índice mitótico, hasta alcanzar valores de 5.75 % a la concentración de 45 ppm durante 24 horas de exposición. En relación al índice profásico, se evidenció un incremento, hasta alcanzar valores de 76.52 % a la concentración de 45 ppm durante 24 horas de exposición. Dicho aumento, generó un aumento en el índice metafasico y una disminución en los índices anafásico y telofásicos. Los estadísticos de los resultados, se realizaron, mediante el análisis de varianza que mostró la existencia de diferencias significativas entre los diferentes tratamientos ensayados; lo cual fue confirmado mediante la prueba de comparación múltiple de promedios de Tukey.

**Palabras clave:** Glifosato, Índice mitótico, *Allium cepa L.*

## Abstract

In this study, we determined the glyphosate effect at different concentrations and exposure times on mitotic index and phase index in meristematic cells of root tips of *Allium cepa* L. We used the bulbs, which were placed in styrofoam cups with water, in conditions of darkness and constant aeration. When the rootlets reached a length of 2 to 3 cm, were transferred to solutions with glyphosate at concentrations of 15, 30 and 45 ppm during 6, 12 and 24 hours of exposure. Another group of bulbs were not exposed to glyphosate, which formed the control. Then, they proceeded to cut the rootlets for cytological analysis and determine mitotic index and phase index. The values obtained in the different concentrations of glyphosate were compared with the control group. Noting a decline in mitotic index until reaching values of 5.75% at concentration of 45 ppm to 24 hours of exposure.In relation to the phase index, were evidenced a increase, reaching values of 76.52% at concentration of 45 ppm to 24 hours of exposure. This increase generated an increase on metaphasic index and a decrease in anaphasic index and telophasic index.The analysis of variance showed significant differences between the different treatments tested, which was confirmed by multiple comparison test of Tukey.

**Key words:** Glyphosate, mitotic index, *Allium cepa* L.

## Introducción

Un herbicida es un pesticida utilizado para matar plantas indeseadas. Los herbicidas son contaminantes que constituyen una amenaza potencial a la salud. Estos compuestos han sido ampliamente empleados en diversas partes del mundo para controlar una variedad de malezas. La exposición a estos compuestos químicos, afecta de forma primaria a los trabajadores que intervienen en su producción industrial. En zonas agrícolas también puede tener lugar la exposición de otros trabajadores, que entran en campos tratados, o de la población general, que vive en la proximidad de áreas aplicadas. Sin embargo el uso de estos herbicidas, puede tornarse irracional debido a muchos factores como el conocimiento inadecuado de su dosificación y aplicación por parte de los agricultores, entre otros (Andrew, *et al.*, 1981; Seeger, *et al.*, 2000; Korte, 1982; Tjio & Levan.1950;Saez, 1978; Anhaya, 1981; Kmirova, 1980).

Los herbicidas actúan generalmente inhibiendo los procesos metabólicos relacionados con el crecimiento y desarrollo de las malas hierbas, además no son selectivos y matan toda planta con la que entra en contacto (Tomlin, 2000; Ware & Whitacre, 2004).

El Glifosato (N-(fosfonometilo) glicina / C3H8NO5P), ha sido ampliamente utilizado en diversas partes del mundo para controlar una variedad de malezas. Este es un herbicida organofosforado absorbido por las hojas y no por las raíces es de amplio espectro y no selectivo; desarrollado para la eliminación de hierbas y arbustos, en especial los perennes. Ejerce su toxicidad sobre toda clase de vegetación pre emergente. Se aplica al suelo o al follaje, es absorbido y transportado a toda la planta. (Anhay *et al.*, 1981, Kmirova, 1980). Su Mecanismo de acción se debe a que actúa inhibiendo la síntesis de aminoácidos aromáticos (fenilalanina, tirosina y triptófano), por parte de la planta. Este herbicida es un potente inhibidor de la enzima 5 - enolpiruvilshikimato-3-fosfato sintasa o EPSPS, enzima muy importante en la ruta metabólica del Shikimato, presente solo en bacterias, hongos y plantas, mediante la cual se producen muchos compuestos aromáticos como ligninas, alcaloides, ácidos benzoicos, isoflavonas (fitohormonas), entre otros, además de algunas enzimas para la síntesis de proteínas. De hecho, hasta un 20% del carbono que es fijado durante el proceso de fotosíntesis es utilizado en esta ruta metabólica (Kmirova, 1980; Dubach, 1986; Talledo & Carola, 1995).

Debido a que los seres humanos no comparten esta ruta metabólica con los vegetales, es considerado como de bajo riesgo para la salud de los mismos. Sin embargo, investigaciones realizadas en herbicidas organoclorados indican que produce aberraciones cromosómicas, empleando como agente el herbicida acido 2,4-diclorofexiacetico (2,4D), auxina sintética producto de la substitución con halógenos en las posiciones 2 y 4 del anillo fenílico del ácidofenoxiacético; el cual se distribuye comercialmente bajo nombres de U-46, Hedonal, Malezan, que fue ampliamente empleado con fines estratégicos durante la guerra de Vietnam (Korte, 1982; Mims, 1999; Spigel, 1982; Steel & Torrie, 1993).

Se sabe que el ciclo celular, no siempre termina en la división celular y que su regulación genética, condiciona a cada una de las fases que lo conforman. Exige una transcripción y síntesis de proteínas específicas previas. Estas proteínas determinan el inicio del ciclo celular, la replicación, la finalización del período S, el paso de G2 hacia la mitosis y el flujo de cada fase de esta última. De esta manera, este ciclo puede ser afectado por sustancias antimitóticas, citotóxicas y genotóxicas que alteren su normal desarrollo e induzcan la aparición de figuras mitóticas anormales e incluso ocasionen daños a nivel cromosómico (Alberts, *et al.*, 2006; Paniagua, 1998; Beltrán & González, 1995; Ito, 2000; Pelayo, 2003; Losada & Hirano, 2001)

En 1938 el uso de *Allium cepa* se introdujo como un sistema de prueba biológico para evaluar los efectos citogenéticos de la colchicina. Desde entonces ha sido un material biológico de amplio uso en pruebas de laboratorio, debido al crecimiento rápido de sus raíces y la respuesta de su material genético a la presencia de citotóxicos potenciales en los líquidos de prueba; siendo de esta manera frecuentemente utilizados sus meristemos.

para estudios de dinámica celular, ya que constituyen un sistema *in vitro* ideal para estudiar los mecanismos regulatorios que puedan afectar el ciclo celular (Saez, 1978; Losada & Hirano, 2001; Dubinin, 1981).

Al no existir trabajos referentes a la acción de herbicida organofosforado glifosato sobre el ciclo celular en vegetales, en el presente trabajo se determinó el efecto que ejerce a diferentes concentraciones y tiempo de exposición sobre el índice mitótico y de fases en células meristemáticas de ápices radiculares *de Allium cepa L.*

## Material y Métodos

*Material Biológico*

Bulbos de *Allium cepa* L. "cebolla" Variedad Roja Arequipeña, procedentes de la Provincia de Otuzco. Departamento de La Libertad.

*Obtención de las raicillas*

Se seleccionaron bulbos de "cebolla", tomándose en cuenta los siguientes criterios de inclusión: forma de disco germinativo, color rojo- rosado, consistencia dura, peso entre 60 y 80g en buen estado fitosanitario, acumulándose 120 bulbos. En los bulbos seleccionados se procedió a eliminar las catáfilas y raicillas secas, también se realizó la limpieza cuidadosa del disco radicular.

En la parte ecuatorial de cada bulbo, se introdujeron 4 mondadientes distribuidos equidistantemente para sostener el bulbo a nivel de la boca del vaso de tecknopor de 100ml el cual previamente se llenó con 80 ml de agua, esto permitió que el líquido se ponga en contacto con el disco germinativo para que se produzca la emisión de nuevas raicillas, necesarias para la experiencia. Los bulbos se mantuvieron en un sistema al cual se proporcionó aireación artificial a razón de 10 – 20 ml/min a una temperatura de 20C° ± 5C°, en completa oscuridad, renovando el agua cada 24 horas. Después de 72 horas se seleccionaron los bulbos que originaron más de 15 raicillas con longitud promedio de 2 a 3 cm a fin de asegurar la presencia de células con una cinética mitótica constante.

Los bulbos enraizados, fueron separados en cuatro grupos. El primer grupo, se utilizó para el tratamiento control (no expuesto al Glifosato) y los tres restantes expuestos a soluciones acuosas de Glifosato en concentraciones de 15, 30 y 45 ppm; durante 6, 12 y 24 horas, para cada una de estas concentraciones.

A las 6 horas de exposición de las raicillas del grupo control y de cada uno de los tratados con Glifosato; se procedió a seleccionar dos raicillas, las cuales luego de ser lavadas tres veces con agua potable, se colocaron en la solución Carnoy`s. Posteriormente los bulbos fueron retornados a cada una de sus respectivas soluciones para realizar el mismo procedimiento a las 12 y 24 horas respectivamente.

*Obtención de Preparados Citológicos*

Las raicillas fijadas en Carnoy`s fueron extraídas y lavadas tres veces en agua potable para retirar los restos del fijador. Luego se procedió a secarlas con papel. En seguida, éstas fueron depositadas sobre una luna de reloj para su coloración de acuerdo a la técnica rápida de Tjio y Levan (Tjio & Levan, 1950; Saez, 1978).

Posteriormente las células fueron observadas en el microscopio con el objetivo de 100x y se realizó el contaje de 2,000 células meristemáticas de cada uno de los diferentes tratamientos con dos repeticiones, mediante la técnica de barrido, para identificar las fases del ciclo celular y determinar los índices mitóticos y de fases.

*Análisis Estadístico*

Los datos obtenidos a partir del conteo de células de los diferentes tratamientos, fueron recolectados y organizados en tablas procediéndose luego a la estimación del análisis de varianza y la posterior comparación múltiple de promedios, mediante la prueba de Tukey .

## Resultados

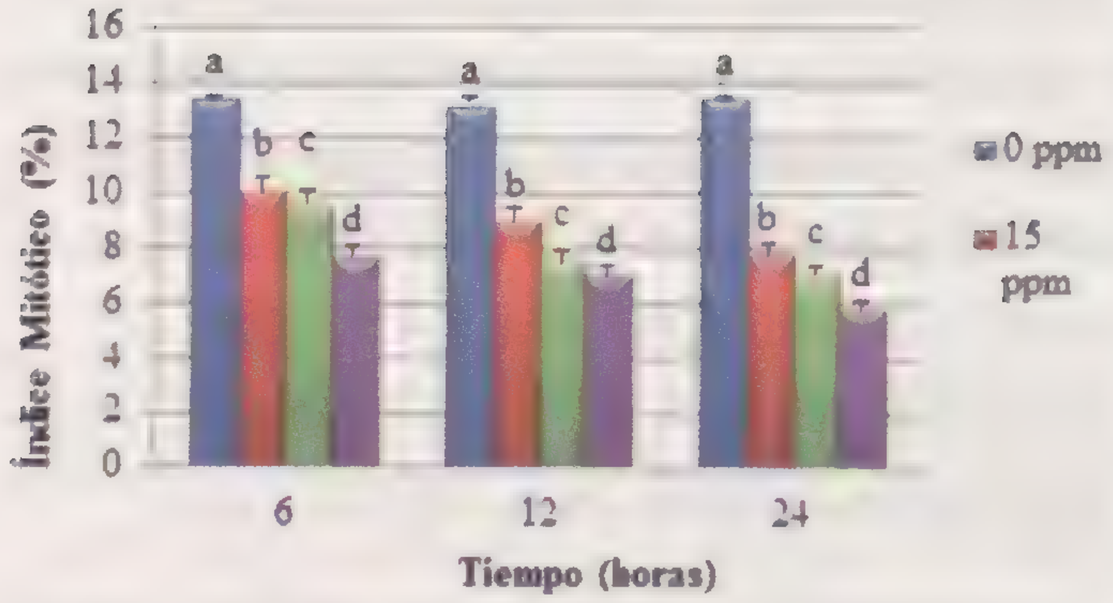



Fig. 1. Índice Mitótico en células meristemáticas del tejido radicular de *Allium cepa* L, expuestas a las diferentes concentraciones de glifosato durante 6; 12 y 24 horas.Los valores representan el promedio de tres repeticiones, las barras verticales indican el error estándar. Los promedios marcados con la misma letra no son diferentes significativamente.

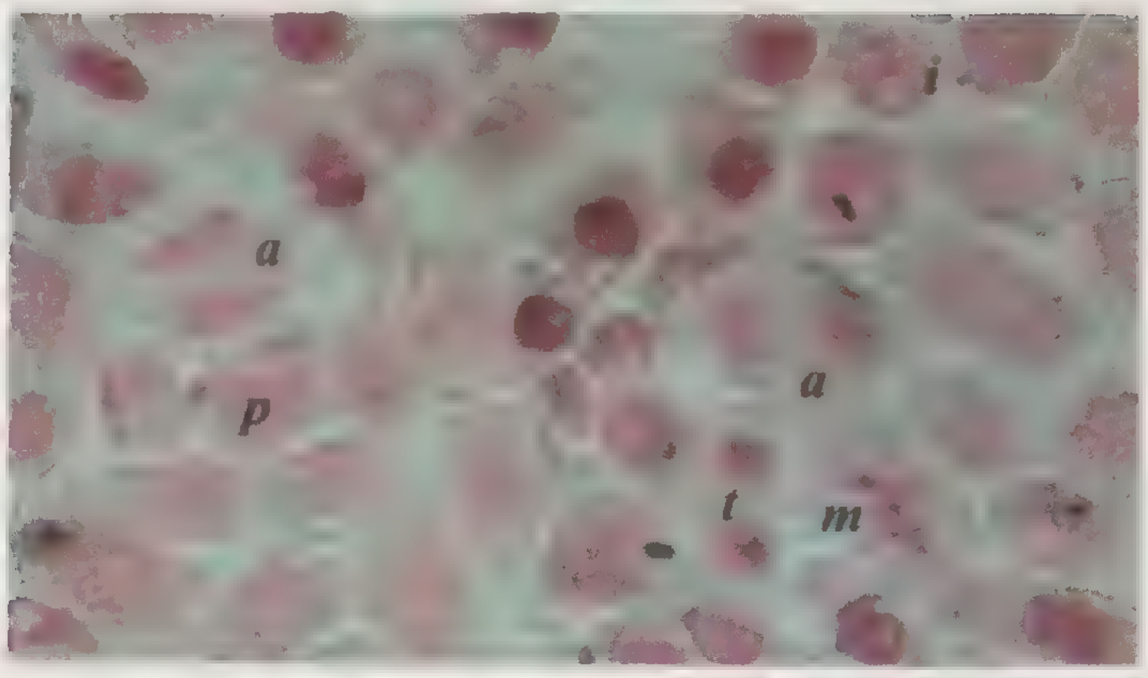



Fig. 2. Diferentes fases del ciclo celular en celulasmeristematicas en ápices radiculares de *A. cepa* L. no expuestas al glifosato. (100X) (i) Interfase, (p) Profase, (m) Metafase, (a) Anafase, (t) Telofase.

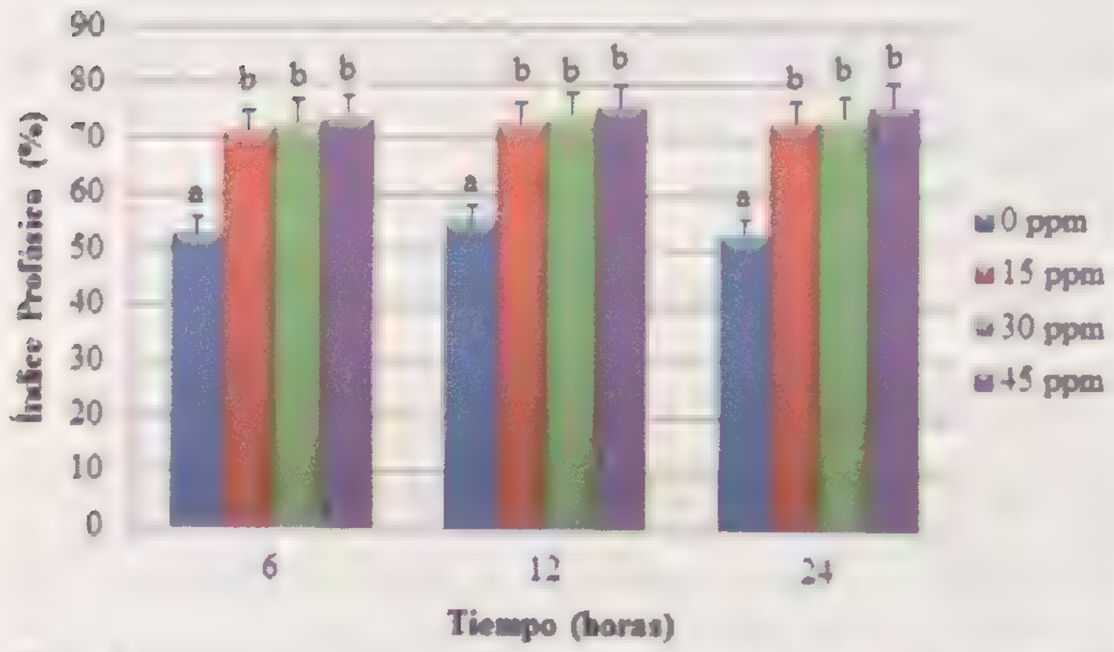



Fig. 3. Índice Profásico de células meristemáticas de ápices radiculares en *A. cepa* L, expuestas a las diferentes concentraciones de glifosato durante 6; 12 y 24 horas.Los valores representan el promedio de tres repeticiones, las barras verticales indican el error estándar. Los promedios marcados con la misma letra no son diferentes significativamente.

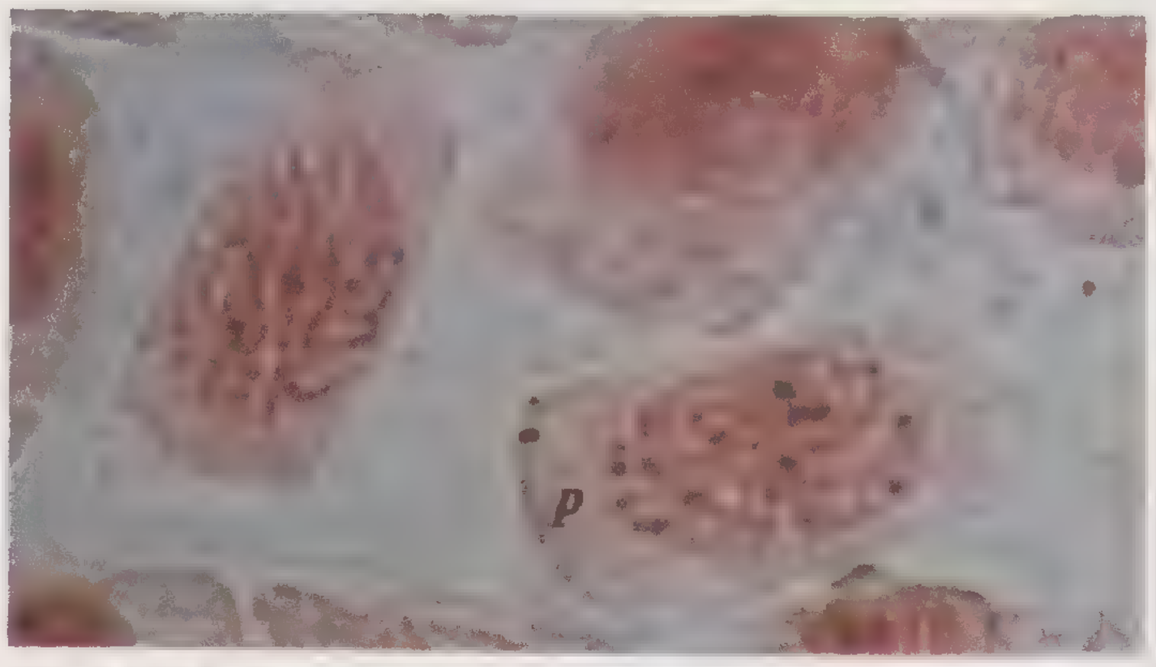



Fig. 4. Células meristemáticas en Profase (p) de ápices radiculares en *A. cepa* L. no expuestas al glifosato.

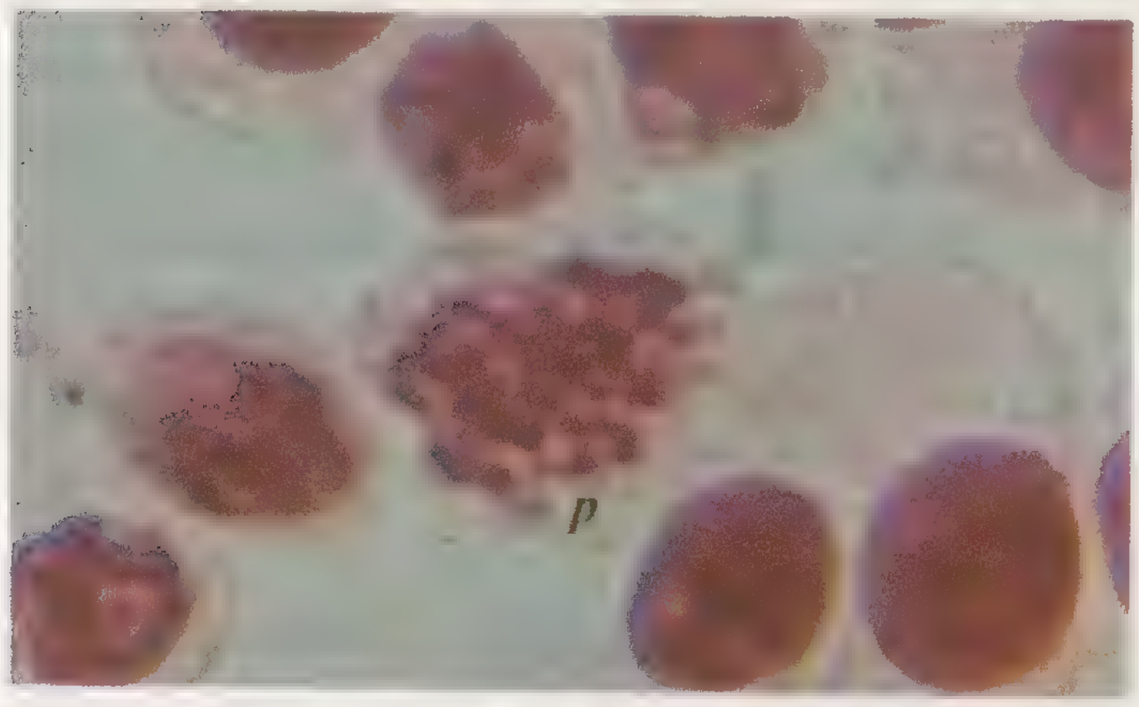



Fig. 5. Células meristemáticas en Profase (p) de ápices radiculares en *A. cepa* L. expuestas al glifosato en una concentración de 30 ppm durante 24 horas (100x).

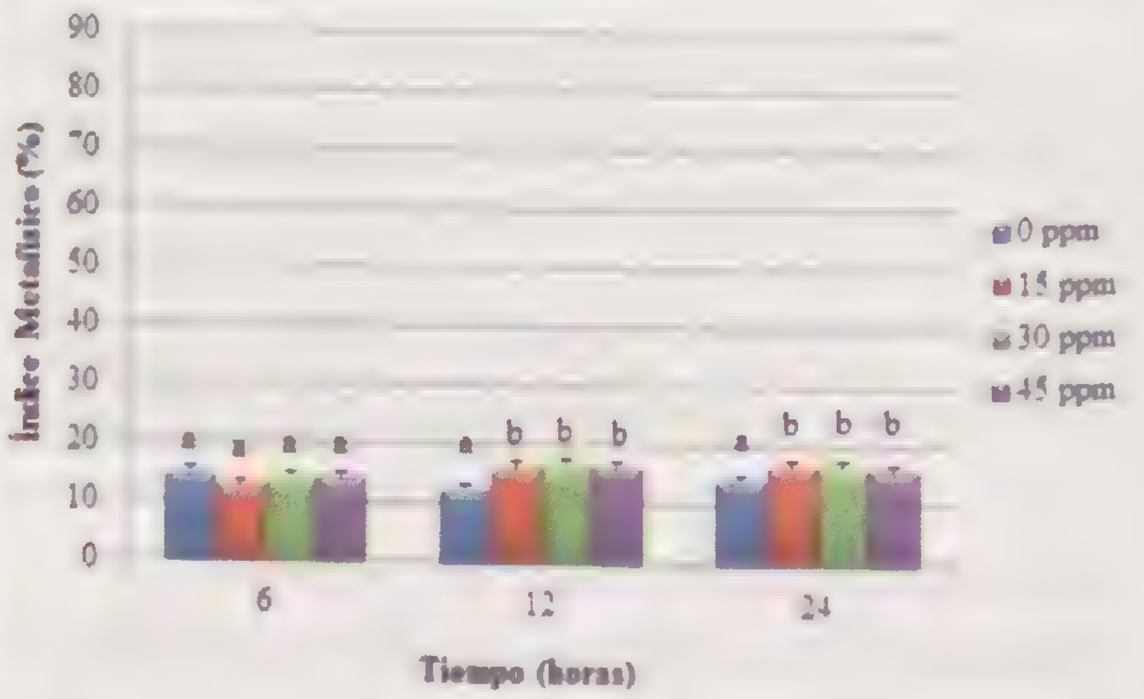



Fig. 6. Índice Metafasico de células meristemáticasen ápices radiculares de *Allium cepa* L, expuestas a las diferentes concentraciones de glifosato durante 6, 12 y 24 horas.Los valores representan el promedio de tres repeticiones las barras verticales indican el error estándar Los promedios marcados con la misma letra no son diferentes significativamente.

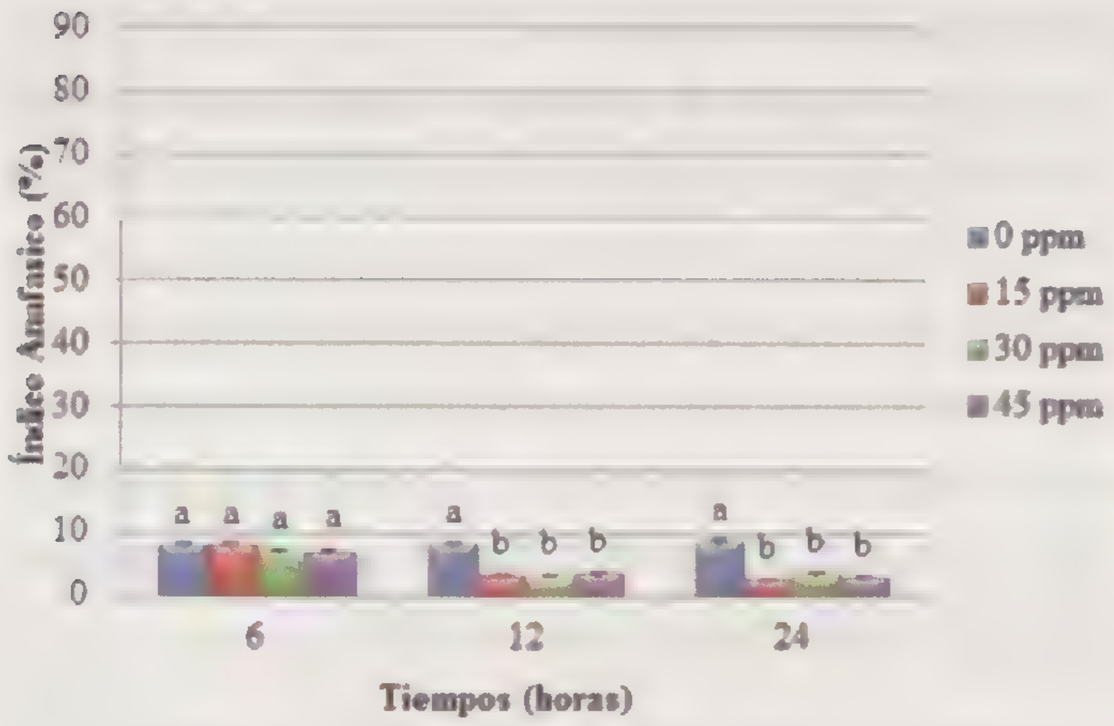



Fig. 7. Índice Anafasico de células meristemáticasde ápices radiculares en *A. cepa*. L, expuestas a las diferentes concentraciones de glifosato durante 6; 12 y 24 horas.Los valores representan el promedio de tres repeticiones, las barras verticales indican el error estándar. Los promedios marcados con la misma letra no son diferentes significativamente.

Fig. 8. Células meristemáticas en Anafase (a) deápices radiculares en *A. cepa L*. no expuestas al glifosato.

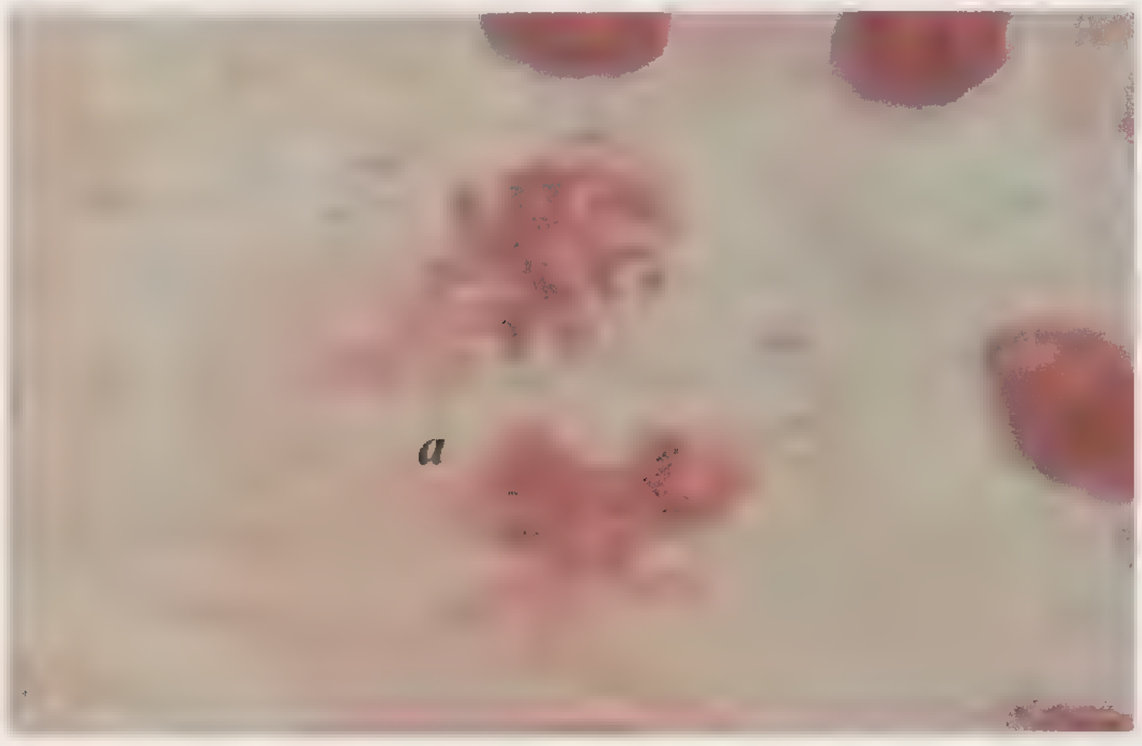



Fig. 9. Células meristemáticas en Anafasico (a) de ápices radiculares en *A. cepa* L.expuestas al glifosato en una concentración de 45 ppm durante 24 horas (100x).

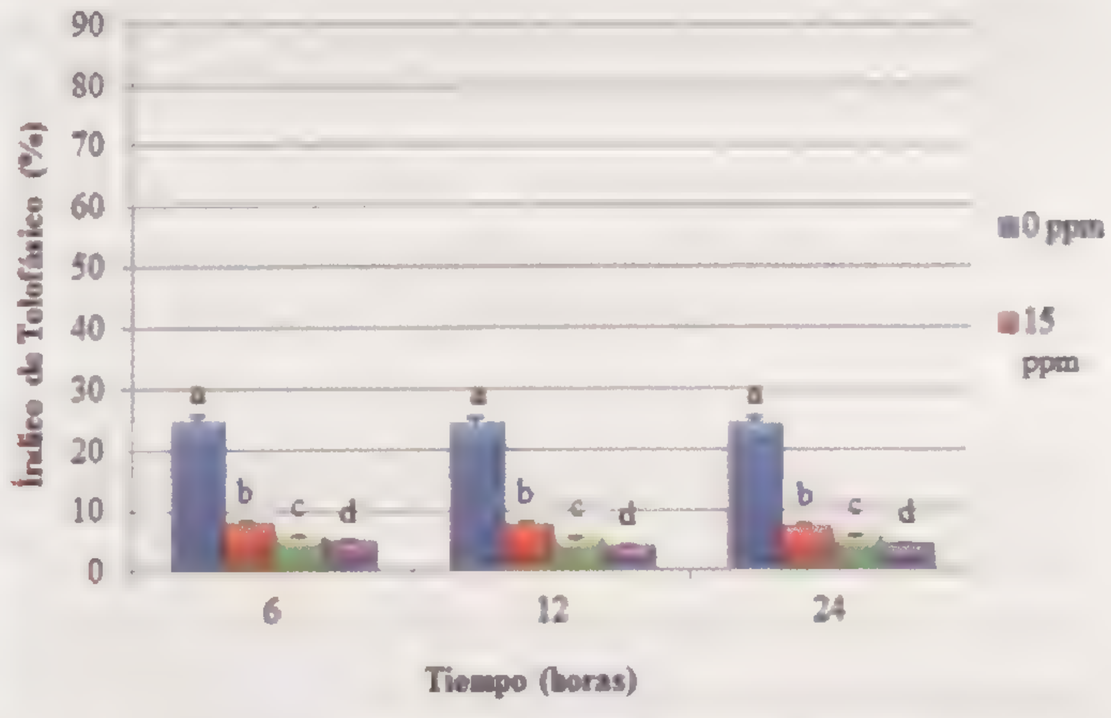



Fig. 10. Índice de Telofásico de células meristemáticas del tejido radicular de *A. cepa* L., expuestas a las diferentes concentraciones de glifosato durante 6; 12 y 24 horas. Los valores representan el promedio de tres repeticiones, las barras verticales indican el error estándar. Los promedios marcados con la misma letra no son diferentes significativamente.

## Discusión

Los meristemos radiculares de *Allium cepa* L, son muy convenientes para estudiar la división celular puesto que hay de 10 a 15% de células en mitosis; además de esto, una variedad de compuestos químicos y factores físicos han sido ensayados en estos meristemos, con la finalidad de conocer los eventos celulares y moleculares que se llevan a cabo durante el ciclo celular (Belmont, 2002; Dubinin, 1981; Daniel, 2004).

Cuando un bulbo se rehidrata, se produce una estimulación en la división de las células, lo cual permite una elongación de las raíces de la planta. La población de células meristemáticas se encuentra sujeta a un equilibrio dinámico estable; hallándose asincrónicamente distribuidas a través del ciclo (Felix & Karsenti, 1995; Shimotohno, 2003).

Al analizar los resultados obtenidos a partir de los diferentes tratamientos con glifosato para los IM se observa que los valores van disminuyendo conforme se incrementan las concentraciones, en la prueba de comparación Múltiple de promedios (Fig. 1), se observa la formación de cuatros grupos estadísticamente homogéneos en función a su efecto. Debido a que posiblemente, conforme se incrementa las concentraciones de glifosato, el daño que se encarga de hacer posible el normal tránsito de las células

de la interfase a la mitosis es mayor; esto trae como consecuencia las diferencias en los índices mitóticos.

Esta disminución de los IM se debería a que probablemente el glifosato a las concentraciones y tiempos ensayados; actuaría inhibiendo la síntesis de animoácidos aromáticos (fenilalanina, tirosina y triptófano), por parte de la planta, debido a que es un potente inhibidor de la enzima 5 - enolpiruvilshikimato-3-fosfato sintasa o EPSPS, enzima muy importante en la ruta metabólica del Shikimato, mediante la cual se producen muchos compuestos aromáticos como ligninas, alcaloides, ácidos benzoicos, isoflavonas (fitohormonas), entre otros. Además de algunas enzimas necesarias para la síntesis de proteínas. Esta inhibición en la síntesis de aminoácidos mencionada anteriormente, estaría generando que las proteínas que actúan a nivel del segundo punto de control en el ciclo celular (G2), como los complejos CdK1-ciclina A y ciclina B (ciclinas mitóticas); que permiten el paso a través de este punto hacia el período M. Lo cual traería como consecuencia que las células no transiten normalmente de la fase G2 hacia la mitosis; deteniéndose entonces en interfase y consecuentemente disminuyendo el número de células en división (Fig.2). (Dubach, 1986; Talledo & Carola, 1995, Mims, *et al.*, 1999; Ito, 2000; Dubinin, 1981; Daniel, 2004; Celada, 1996).

Al analizar los resultados obtenidos a partir de los diferentes tratamientos con glifosato para los IP, se observa que los valores aumentan, en la prueba de comparación múltiple de promedios (Fig. 3), se observa la formación de dos grupos estadísticamente homogéneos en función a su efecto. Debido a que las diferentes concentraciones de glifosato ensayadas estarían produciendo un daño similar en la estructura de las moléculas que controlan el normal tránsito de las células de la profase a la metafase.

Este incremento del IP en los tratamientos expuestos al glifosato, se debería probablemente a que como se mencionó anteriormente dicho compuesto al inhibir la síntesis de aminoácidos necesarios para la síntesis de algunas proteínas como las condensinas; las cuales a su vez se encargan del mantenimiento estructural de los cromosomas (SMC) y de cumplir un rol fundamental en el proceso de condensación de la cromatina (Fig. 4), resulten alteradas en su estructura molecular. Lo que traería como consecuencia que los procesos de condensación del material genético se vean afectados (Fig. 5); por lo que, las células no transitarían normalmente desde profase hacia la metafase (Belmont, 2002; Hyman & Karsenti, 2003; Aller, 1992; Murria & Kirschner, 1991,Purves, *et al.*, 2003).

Al analizar los resultados obtenidos a partir de los diferentes tratamientos con glifosato para los I Met, se observa que los valores aumentando, en la prueba de comparación múltiple de promedios (Fig 6), se observa la formación de dos grupos estadísticamente homogéneos en función a su efecto. Debido a que las diferentes concentraciones de glifosato ensayadas estarían produciendo un daño similar en la estructura de las moléculas que controlan el normal tránsito de las células de la metafase a anafase.

El ligero aumento del índice metafásico, de los diferentes tratamientos con glifosato con respecto al grupo control, se debería a que dicho compuesto al alterar la estructura molecular de las condensinas, no permitiría llevar a cabo un proceso de condensación normal del material genético, como es característico de la metafase, lo que traería como consecuencia que las células no transiten normalmente desde la metafase hacía la anafase (Jiménez & Merchant, 2003; Purves, *et al.*, 2003; Murria & Kirschner, 1991; Hyman & Karsenti, 2003).

Al analizar los resultados obtenidos a partir de los diferentes tratamientos con glifosato para los IA, se observa que los valores disminuyen, en la prueba de comparación múltiple de promedios (Fig. 9), conformándose dos grupos estadísticamente homogéneos en función a su efecto. Debido a que las diferentes concentraciones de glifosato ensayadas estarían produciendo un daño similar en la estructura de las moléculas que controlan el normal tránsito de las células de anafase a la telofase.

Esta disminución en el IA, estaría ocurriendo debido al ligero aumento del índice metafásico mencionado anteriormente. Por otro lado, el glifosato al actuar

inhibiendo la síntesis de aminoácidos que forman parte de la estructura molecular de proteínas como las cohesinas, MAPs y catastrofinas; las cuales a su vez se encargan de llevar a cabo el proceso de segregación de cromátidas hermanas característico de la anafase. Esto traería como consecuencia, que las células no transiten normalmente desde anafase hacia la telofase (Weingartner, *et al*., 2003; Felix & Karsenti, 1995; Hyman & Karsenti, 2003; Celada, 1996; Paniagua, 2000).

Al analizar los resultados obtenidos a partir de los diferentes tratamientos con glifosato para los IT, se observa que los valores disminuyen, en la prueba de Comparación Múltiple de promedios (Fig. 10), conformándose cuatro grupos estadísticamente homogéneos en función a sus efectos. Esto se debería probablemente a que el glifosato a las diferentes concentraciones, ocasionan una severa alteración en la estructura de las moléculas que controlan los eventos que normalmente deben ocurrir en esta fase alterando el tránsito normal de telofase a interfase.

La disminución del IT, se originaría debido a que el proceso de segregación cromosómica está siendo afectado, un número reducido de células pasarían hacía la telofase; lo que explicaría el bajo índice telofásico hallado (Jiménez & Merchant 2003; Purves, 2003; Hyman & Karsenti, 2003).

Al evaluar los Índices Mitóticos (IM), Profásicos (IP), Metafásicos (I Met.), Anafásicos (IA) y Telofásicos (IT) en células meristemáticas de los tratamientos control, se hallaron valores de 13.425 %, 13.175 % y 13.45 % para IM, 52.885 %, 55.305 % y 52.93 % para IP, 14.755%, 12.52% y 14.34% para I. Met, 8.03%, 8.18% y 8.555% para IA y 24.335%, 23.995% y 24.18% para IT a 6, 12 y 24 horas respectivamente. Dichos valores se aproximan a lo reportado por Beltrán & Gonzáles, los cuales estimaron un IM de 14.6%, IP de 44.60%, I Met de 15.40%, IA de 9.20% y IT de 28.80%. Esto se debería probablemente a la influencia de factores ambientales; lo cual explicaría la ligera variación en los valores de los índices mitóticos hallados (Beltrán & González, 1995; Paniagua, 1998).

## Conclusiones

Glifosato ocasiona una disminución en los índices mitóticos conforme se incrementa su concentración y tiempo de exposición, en células meristemáticas de ápices radiculares en *Allium cepa* L.

Glifosato ocasiona un aumento en índice profásico y metafásico, en células meristemáticas de ápices radiculares en *Allium cepa*L.

Los índices de anafase y telofase, disminuyen significativamente, en células meristemáticas de ápices radiculares en *Allium cepa* L.

## Literatura citada

**Andrew, R.; S. Collins & R. Jonson.** 1981. Use of metabolic inhibitors in repair studies. Friedberg & Huanawanlt eds, En DNA Repair. New York.Vol I, p.p.341-360.

**Alberts, B; A. Jonson; J. Lewis; M. Raff; K. Roberts & P. Walter.** 2006. Biología Molecular de la Célula. Cuarta edición. Ediciones Omega. España.

**Aller de La Torre. 1992**. The involvement of discrete genome regions in post – mitotic chromosome decondensation in G1 timing in *Allium cepa* L. meristematic cells. Journal of Cell Science 103: 1047-1051.

**Anhaya, S.M.; R.J Monroe & F. E. Guthrie.** 1981. Absorption and distribution of intubated insecticides in fasted mice. Prestic. Biochem.Physiol 16(1):18-46.

**Beltrán, R. & L. González.** 1995. Inducción de puentes cromosómicos permanentes en meristemos de *Allium cepa*. Rebiol 15 (1-2):9-17.

**Belmont, L. D.; A. A. Hyman; R. E. Sawin & T.J. Mitchison.** 2002. Real –time visualization of cell cycle – dependent changes in microtubule dinamics in cytoplasmic extracts.Cell 62:579- 589.

**Celada, A**. 1996. Factores de transcripción y control de la expresion génica. Investigación y Ciencia, Nro. 179.

**Dubinin, N**.1981.Genética General. Tomos I y II .Edit. MIR.Moscú.

**Daniel, W**. 2004. Análisis de la variancia. Bioestadística. Base para el análisis de las ciencias de la salud. 4º Edic. Limusa Wiley. México.755 pp.

**Dubach, P.** 1986. Efectos y Principios de Selectividad de los Herbicidas. Edit. CIBA.GEIGY.S.A. Basilea. Suiza.

**Dubinin, N**.1981.Genética General. Tomos I y II .Edit. MIR. Moscú

**Felix, M. & E. Karsenti.** 1995. La división celular. Mundo Cientifico. Nro 154, vol.15

**Hyman, A. & E. Karsenti.** 2003. Morphogenetic properties of microtubules and mitotic spindle assembly. Cell 84. 401 – 410.

**Jiménez, L. & H. Merchant.** 2003. Biología Celular y Molecular. Primera Edición. Editorial Prentice Hall. México DF.

**Kmirova, N**. 1980. Methods for determination of exposure of agricultural workers to pesticides,In : Tordoir, WF & Van Heemstra- Lequin, E.A.H. , ed . Field worker exposure during pesticide application, Amsterdam, Oxford, New York, Elsevier Scientific Publishers, 169 -172.

**Korte, C. & S. Jalal.** 1982. 2,4-D Induced Exchanges in cultured Limphocytes, Journal of Heredity. 73:224-226.

**Murria, A. & M. Kirschner.** 1991. Control del ciclo celular. Investigación y Ciencia, Nro 176.

**Mims, C; J. Playfair; I. Roitt; D. Wakelin & R. Willians**. 1999. Microbiologia Médica. 2ª ed. Ed. Harcourt Brace. Madrid – España.

**Losada, A. & T. Hirano.** 2001. Shaping the metaphase chromosome: coordination of cohesion and condensation. Bioessays 23: 924 – 935.

**Paniagua, R. A.** 1998. Citología e Histología Vegetal y Animal. Biología de las células y tejidos animales y vegetales. Tercera Edición.Mc Graw-Hill. Interamericana.

**Ito, M.** 2000. Factors controlling cyclin B expresión. Plant Mol. Biol. 43: 677- 690.

**Pelayo, H. R.; J. Pincherira; A. Jiménez; J. F. Clarke & C. De la Torre.** 2003. Independent checkpoint control in a plant cell model. Biol. Res. 36:381- 388.

**Saez, F.A**. 1978. Citogenética básica y biología de los cromosomas. Organización de los Estados Americanos. Washington D.C. Serie de Biología. Monog. N° 20.

**Spigel, M.** 1982. Teoría y Problemas de Probabilidades y Estadísticas. Serie de compendios Shawn. Editorial Mc. Graw Hill. México. 372p.

**Steel, R. & J. Torrie.** 1993. Bioestadística: Principios y Procedimientos. 2da. edición. Editorial Mc. Graw Hill S.A. México.

**Shimotohno, A.; S. Matsubayashi; M. Yamaguchi; H. Uchimya & M. Umeda.** 2003. Differential phosphorylation activities of CDK – activating Kinases in *Arabidopsis thaliana*. FEBS Lett. 534.

**Talledo, D. & E. Carola.** 1995. El ciclo Celular en vegetales. Biotempo 2: 13 – 31.

**Tjio & Levan**.1950. The use of oxiquinolina in chromosome analysis. Ann Est Aula Dei: 2:21-64.

**Tomlin, C.** 2000. The Pesticide Manual, 12th Ed.British Crop Protection Council. Blackwell Sci Publications, Cambridge, Massachusetts. 1250pp.

**Ware, G. W & D. M. Whitacre.** 2004. The Pesticide Book, 6th ED. Meister Media Worldwide. 496 pp.

**Weingartner, M; H. R. Pelayo; P. Binarova; K. Zwerger; B. Melikant; C. De La Torre; E. Heberle-Bors & L. Bogre.** 2003. A plant cyclin B2 is degraded early in mitosis and its ectopic expresion shorten G2 –phase and alleviates the DNA – damage checkpoint. J. Cell Sci.116 : 487- 498.

*Arnaldoa* 19(2): 203 - 210, 2012 ISSN: 1815 - 8242

# Análisis de los granos de polen de plantas melíferas de los alrededores de Trujillo, Perú

## Analysis of pollen grains of honey plants of environs from Trujillo, Peru

***Alejandro Fernández Honores***
Departamento de Ciencias Biológicas, Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo, PERÚ.

***Eric F. Rodríguez Rodríguez***
Herbarium Truxillense (HUT), Universidad Nacional de Trujillo. Jr. San Martín 392. Trujillo, PERÚ.
*efrr@unitru.edu.pe*

### Resumen

Se realiza el análisis morfológico de los granos de polen de plantas productoras de néctar. Así mismo, se describe las estructuras productoras de néctar: Nectarios Florales y Extraflorales. Las plantas analizadas proceden de los alrededores de la ciudad de Trujillo, Perú: *Malvaviscus penduliflorus* DC. y *Ceiba insignis* (Kunth) P.E. Gibbs & Semir (Malvaceae), *Ipomoea heptaphylla* Griseb. (Convolvulaceae), *Passiflora edulis* Sims (Passifloraceae), *Prosopis pallida* (Humb. & Bompl. ex Willd.) Kunth., *Inga feuillei* DC., *Acacia huarango* Ruiz ex J.F. Macbr. y *Erythrina edulis* Triana ex Micheli (Fabaceae), *Antigonum leptopus* Hook. & Arn. (Polygonaceae), *Punica granatum* L. (Lythraceae) y *Canna indica* L. (Cannaceae).

**Palabras clave:** Granos de polen, nectarios florales y extraflorales, plantas melíferas, Trujillo, Perú.

### Abstract

In this paper we present the critical morphological analysis of pollen grains and floral and extrafloral nectaries of 11 species of the environs from Trujillo city: *Malvaviscus penduliflorus* DC. y *Ceiba insignis* (Kunth) P.E. Gibbs & Semir (Malvaceae), *Ipomoea heptaphylla* Griseb. (Convolvulaceae), *Passiflora edulis* Sims (Passifloraceae), *Prosopis pallida* (Humb. & Bompl. ex Willd.) Kunth., *Inga feuillei* DC., *Acacia huarango* Ruiz ex J.F. Macbr. y *Erythrina edulis* Triana ex Micheli (Fabaceae), *Antigonum leptopus* Hook. & Arn. (Polygonaceae), *Punica granatum* L. (Lythraceae) y *Canna indica* L. (Cannaceae).

**Key words:** Pollen grains, floral and extrafloral nectaries, honey plants, Trujillo, Peru.

### Introducción

Los granos de polen o microsporas, se forman dentro de los sacos polínicos de las anteras o microsporangios. La forma del polen es un carácter genéticamente determinado de su propia especie, por lo tanto la morfología del polen es de carácter taxonómico (Flores-Vindas, 1999).

El polen de la mayoría de las Angiospermas es un órgano celular libre o monadas, pero pueden existir granos compuestos denominados tetradas, poliadas o polineas (Flores-Vindas, 1999).

La estructura de la pared celular está formada por dos capas, la exina e intina, estas dos capas son química, morfológica y ontogenéticamente diferentes. La exina es compleja y tiene varios estratos y su análisis permite la identificación de los granos de polen (Erdtman, 1963).

La mayoría de las angiospermas elaboran sustancias de secreción de diferentes tipos. En las plantas conocidas como melíferas, se presentan los nectarios que son órganos o tejidos especializados que secretan néctar, principalmente glucosa, fructuosa y otras sustancias (Esau, 1985).

En nuestro medio, no tenemos referencia sobre estudio de granos de polen y de nectarios y dado la importancia que tiene la ciencia de la palinología así como la estructura de los nectarios dentro del campo de la taxonomía y de la producción de miel por las abejas, es nuestro objetivo realizar el análisis de los granos de polen y de las estructuras nectaríferas en alguna plantas de nuestro medio.

## Materiales y Métodos

Las plantas utilizadas para el estudio de los granos de polen, son aquellas que presentan nectarios: florales o extraflorales, para esto se examinó "*in situ*" las diferentes plantas de los alrededores de Trujillo (jardines de la ciudad, jardín botánico de la Universidad Nacional de Trujillo y campiña de Moche).

El análisis se efectuó con una lupa para observar la presencia de nectarios extraflorales y con el microscopio para los nectarios florales (estaminales, pistilares, perigoniales). Los granos de polen fueron preparados usando el método de acetólisis-clorinación (Erdtman, 1952, 1963) y montadas en gelatina glicerinada; en otros casos para observar las aberturas, el montaje se efectuó con hidrato de cloral o bien con hidróxido de sodio y montado con glicerina.

Para la diferenciación del tejido o estructuras nectaríferas se realizó cortes histológicos con una navaja y observados con KOH.

Para tomar las fotografías de los granos de polen y nectarios, se usó el microscopio de investigación Zeiss con cámara fotográfica incorporada (actualmente se utiliza la microscopía electrónica de barrido).

En el campo se observó el mecanismo de recolección de polen y del néctar por parte de las abejas (Fig. 3A, B).

Para los nombres conservados a nivel de familias se ha seguido lo recomendado por THE ANGIOSPERM PHYLOGENY GROUP (APG II, 2003).

## Resultados

**Malvaceae**

***Malvaviscus penduliflorus*** DC. (Fig. 1A, 2E)

"farolito chino"

*Características del polen*: Grano esférico, grande, rojizo, pantoforado, superficie equinulada, equinos con ápices obtusos.

*Características de los nectarios*: Presenta nectarios perigoniales, se localizan en la base de los pétalos internamente y se constituyen en cavidades lisígenas. Producen abundante néctar, que se deposita en el tálamo.

La flor permanece con los pétalos enrollados, no desplegados, pero lo suficiente para que penetren las abejas u otro insecto; los estambres son monadelfos, no muy numerosos y por lo tanto la producción de polen es escasa. Es una planta nectarífera.

***Ceiba insígnis*** (Kunth) P.E. Gibbs & Semir (Fig. 1B, 2B)

"palo barrigudo"

*Características del polen*: Granos pequeños, esféricos, dicolpados, colpos desarrollados, superficie de la exina tectado, tectura reticulada.

*Características de los nectarios*: Presentan nectarios estaminales, situados en la base de los estambres (estaminodios) y se hallan constituidos por numerosos pelos hialinos, de base uniseriados, en el ápice se localiza la glándula septada; cuando excretan se arrugan.

Las flores son grandes, estambre es un sinandro, con el tubo estaminal bien largo, anteras bien desarrolladas. Planta polinífera.

**Convolvulaceae**

***Ipomoea heptaphylla*** Griseb. (Fig. 1C, 2C)

"campanilla"

*Características del polen*: Granos globosos, esféricos, pantaporado, superficie de la exina equinulada, grandes, agudos en el ápice.

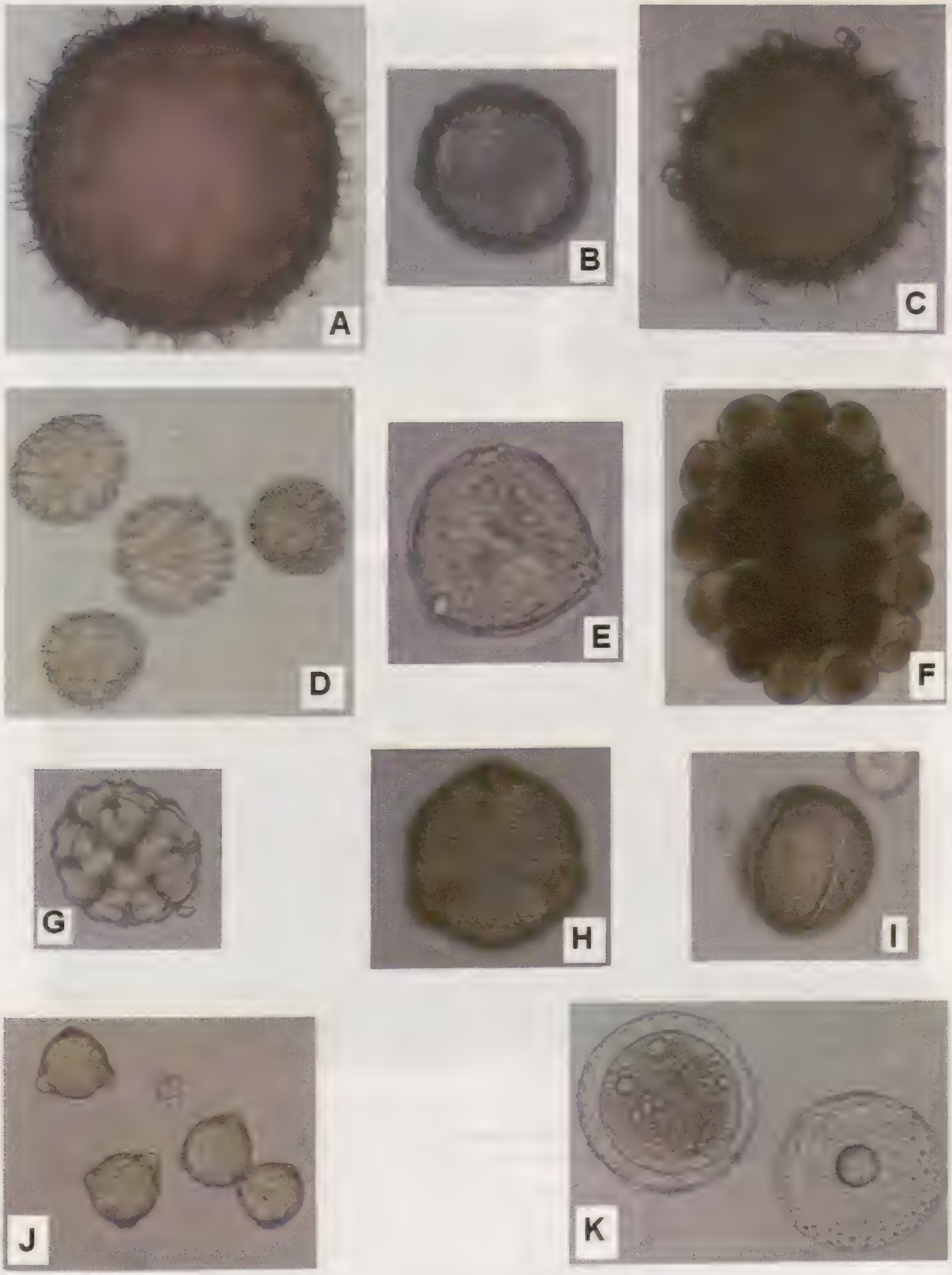



**Fig. 1.** Granos de polen de: A. *Malvaviscus penduliflorus* (150x), B. *Ceiba insignis* (300x), C. *Ipomoea heptaphylla* (600x), D. *Passiflora edulis* (150x), E. *Prosopis pallida* (600x), F. *Inga feuillei* (150x), G. *Acacia huarango* (300x), H. *Erythrina edulis* (300x), I. *Antigonum leptopus* (600x), J. *Punica granatum* (300x), K. *Canna edulis* (150x).

**Fig. 2.** Nectarios de: A. Nectario estaminal de *Antigonum leptopus* (300x), B. *Ceiba insignis* (150x), C. Nectario estaminal de *Ipomoea heptaphylla* (150x), D. Nectario extrafloral de *Inga feuillei* (75x), E. Nectario (cavidad lisígena) de. *Malvaviscus penduliflorus* (600x).

*Características de los nectarios*: Presentan nectarios estaminales y constituidos por pelos hialinos, uniseriados, en el extremo se localiza la célula glandular mas desarrollada; se pueden encontrar tricomas glandulares en las anteras.

La campanilla es una planta voluble, sus flores son campanuladas violáceas, se abren hasta el mediodía y luego se cierran al atardecer. Es una planta nectarífera y polinífera.

**Passifloraceae**

***Passiflora edulis*** Sims (Fig. 1D)

"maracuyá"

*Características del polen*: Granos globosos, esféricos fuertemente tricolpados, superficie de la exina reticulada, retículos amplios y poligonales.

*Características de los nectarios*: Presenta nectarios extraflorales, y se localizan en el peciolo de la hoja, son desarrollados y se disponen en pares y de forma faseoliforme.

La flor es bastante llamativa por la corona que presenta y el pistilo y estambres constituyen un androginóforo. Las anteras son grandes versátiles, amarillas y dirigidas hacia abajo. Es una planta polinífera, es una fuente de polen para las abejas.

**Fabaceae**

***Prosopis pallida*** (Humb. & Bompl. ex Willd.) Kunth (Fig. 1E)

"algarrobo"

*Características del polen*: Granos globosos triporados pequeños, superficie finamente reticulada.

*Características de los nectarios*: Presenta nectarios extraflorales, se localizan en la base de las pinnas, son glándulas pequeñas discoideas con un pequeño agujero en el centro de la glándula por donde exuda el néctar.

Las pequeñas flores se disponen en espigas espiciformes, con los estambres radiantes y amarillentos. Es una planta polinífera.

***Inga feuillei*** DC. (Fig. 1F, 2D)

"pacae", "huaba", "pacay"

*Características del polen*: El polen se agrupa en poliadas de unos 64 granos, granos individuales muy pequeños, poliédricos, colpados, tectados y amarillentos.

*Características de los nectarios*: Nectarios extraflorales, localizados en el raquis de la hoja compuesta, uno en cada par de foliolos, de 1.5 mm. de diámetro, circulares, embonados.

La flor presenta numeros estambres radiantes con los filamentos blanquecinos y anteras pequeñas, amarillentas. Los estambres son la parte vistosa de la flor. La polinización es por insectos y aves (picaflores). Es una planta polinífera.

***Acacia huarango*** Ruiz ex J.F. Macbr. (Fig. 1G)

"espino"

*Características del polen*: Los granos del polen se agrupan en poliadas en número de 16, de forma oblonga, oblada, individuales son poliédricos, superficie finamente reticulada.

*Características de los nectarios*: Nectarios extraflorales circulares, pequeños, se localizan en la base de las pinnas.

Las flores son muy pequeñas y se disponen en inflorescencias esféricas, los estambres son radiantes con las anteras amarillentas, es la parte llamativa de la inflorescencia. Es una planta polinífera.

***Erythrina edulis*** Triana ex Micheli (Fig. 1H)

"poroto", "pajuro", "frejol del inca"

*Características del polen*: Granos globosos, tricolpados, superficie de la exina fuertemente reticulada.

*Características de los nectarios*: Presenta nectarios estilares y pistilares, constituidos por numerosos tricomas simples mas densos en la base.

Las flores se agrupan en inflorescencias con numerosas flores. Es una planta polinífera.

**Polygonaceae**

***Antigonum leptopus*** Hook. & Arn. (Fig. 1I, 2A)

"bellísima", "amor enredado"

*Características del polen*: Granos globosos, oblongos, 2-colpados, líneas angostas, largas y paralelas; superficie de la exina finamente reticulada.

*Características de los nectarios*: Presenta nectarios estaminales, localizados a lo largo del filamento; el nectario es un tricoma corto con la base pluriseriada y rojiza y la glándula globosa y hialina.

Es una planta voluble, sus flores se reúnen en inflorescencias de numerosas flores, los tépalos son desde rosados hasta rojizos bastante vistosos. Es una planta nectarífera.

**Lythraceae**

***Punica granatum*** L. (Fig. 1J)

"granada"

*Características del polen*: Granos pequeños, globosos, esféricos, triporado, superficie de la exina finamente reticulada.

*Características de los nectarios*: Presenta nectarios florales y se localizan en las márgenes de los sépalos carnosos y están constituidos por tricomas hialinos.

La flor es vistosa y que presenta el tálamo hundido y unido a los sépalos. Es una planta polinífera.

**Cannaceae**

***Canna indica*** L. (Fig. 1K)

"achira"

*Características del polen*: Granos grandes globosos, esféricos, exina o intina bien diferenciada; pantoparado, superficie de la exina verruciforme.

*Características de los nectarios*: Los nectarios son perigoniales, las glándulas se localizan en la base de los estaminodios, constituyen cavidades lisígenas, el néctar es abundante y se deposita en el tálamo.

Las flores presentan estaminodios petaloides lo que lo hace vistosa a la flor. Es una planta nectarífera.

## Discusión y Conclusiones

Los granos de polen examinados en las diferentes plantas que presentan nectarios son diferentes morfológicamente, tanto en la forma como la estructura de la exina e intina, salvo los granos de polen que pertenecen al mismo género (ver Erdtman, 1963). En nuestro análisis, la mayoría de los granos son libres (mónadas), a excepción de *Acacia huarango* y de *Inga feuillei* (Fabaceae), se reúnen en poliadas; es probable que todas las flores, cuyas anteras son muy pequeñas y por lo tanto sus granos deben unirse para asegurar su dispersión y la polinización por animales. De igual modo, los granos son colpados y en su mayor parte tectados. (ver Kremp, 1965; Fuchs, 1967; Tressens, 1974; Gibbs *et al.*, 1988).

La exina esta compuesta de esporo-polenina, polimero resistente a la biodegradación y tiene propiedades comunes con la lignina y cutina (Flores-Vindas, 1999), esta cualidad las hace resistentes y perduran por mucho tiempo.

La mayoría de la plantas, cuyas flores se polinizan por los animales (zoofilia), presentan glándulas o estructuras secretoras de néctar, siendo las mas importantes los que se localizan en las flores, no solo por la cantidad de azúcar que producen sino que gracias a esto se pueden realizar la polinización cruzada. Los nectarios extraflorales son tal vez menos importantes como productores de néctar, para al ser estimulados pueden exudar continuamente.

Existen algunas flores que producen abundante néctar en la estructura interna de los pétalos, cavidades lisigenas y que se almacenan en el fondo del receptáculo y la remoción de este líquido, estimula mayor producción, pero puede reducir la capacidad para originar semillas, ya que el proceso es costoso (Cerbinaeu & Come, 1988).

La principal relación mutuamente beneficiosa para insectos y plantas es el acto de la polinización. La polinización es sencilla en teoría. El insecto se frota contra los órganos polinizantes de la flor reembañándose de polvo de polen con el que vuela hasta otra flor de la misma especie.

A lo largo de millones de años se han desarrollado numerosos y delicados refinamientos entre las plantas que atraen a los insectos y entre los insectos que roban el

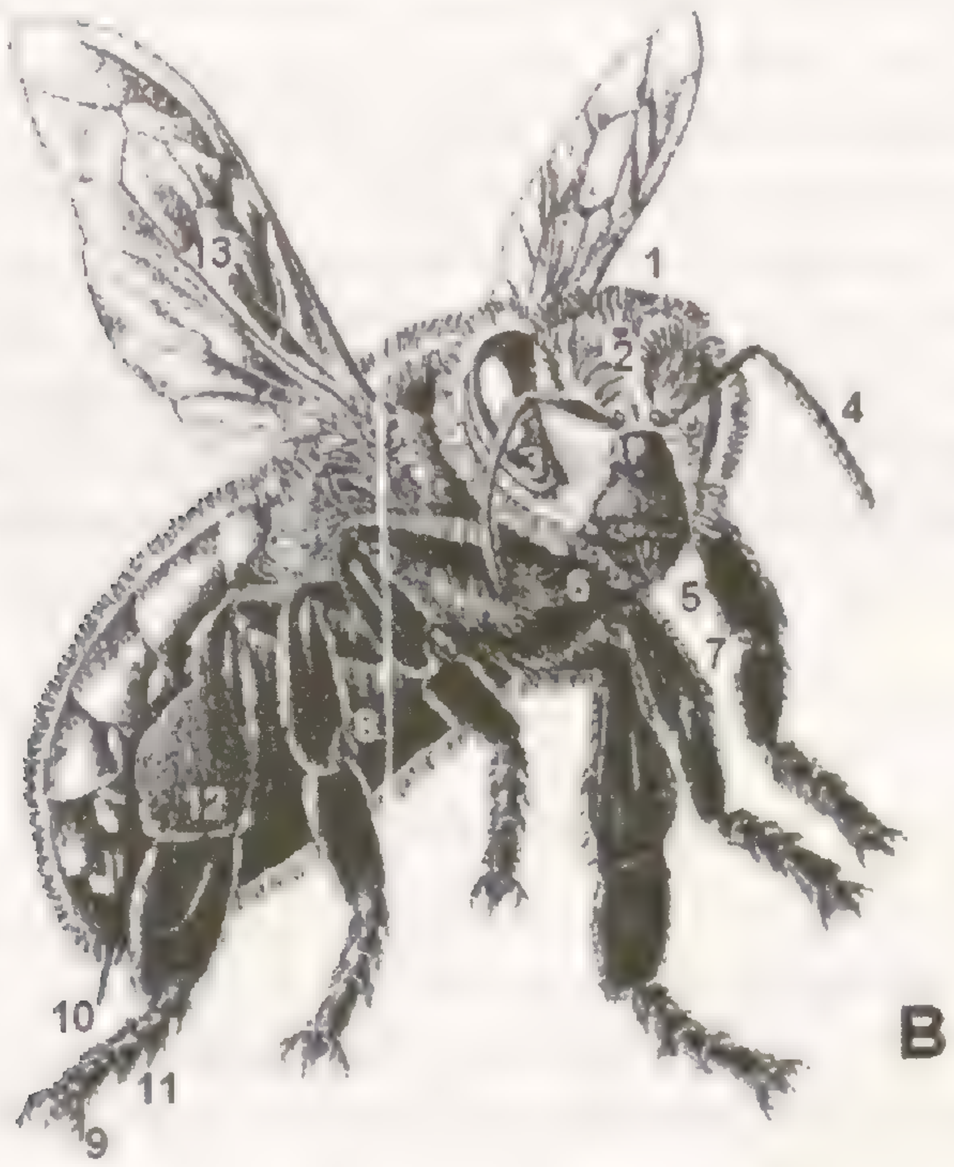



**Fig. 3.** *Apis mellifera* L. (Hymenoptera): A. Pelos de la pata posterior recolectora de polen. B. Plano de eficiencia de la abeja: 1. La cabeza triangular achatada está provista de tres ojos sencillos, uno de ellos visible en la frente (2) y dos ojos compuestos (3). 4. Las antenas se dividen en once segmentos y proporcionan el sentido del olfato y del tacto. 5. Las mandíbulas aplastan y dan forma a la cera. 6. La trompa para chupar miel, néctar y agua. 7. Las antenas pasan por unas ranuras de las patas delanteras para su limpieza. 8. Espinas largas en las patas intermedias, obtienen cera de unas glándulas. 9. Cada pie tiene garras para sujetarse a las flores. 10. Aguijón sobresale del abdomen. 11. Escamas de cera segregadas a lo largo de los segmentos traseros. 12. Saco del polen, aparece lleno después de un viaje provechoso. 13. Alas segmentadas están unidas por ganchos marginales para que la abeja pueda volar.

polen. Las abejas obreras por ejemplo, poseen espesos y rígidos pelos sobre el cuerpo que recogen el polen, para ser luego extraídos por una especie de peines situados en las patas y transferidos a los sacos de polen en las patas traseras (Farb, 1962).

La nominación de plantas melíferas se relacionan con el néctar que producen y es asociada a la abeja de la miel (*Apis mellifera* L.) el cual es el principal de los insectos polinizadores, porque toda su economía se basa en la recogida del néctar y polen.

## Literatura citada

**APG II.** 2003. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG II. THE ANGIOSPERM PHYLOGENY GROUP. *Botanical Journal of the Linnean Society.* 141(4): 399–436.

**Cerbinaeu, F. & D. Come.** 1988. Primary and secondary dormancies in *Oldenlandia corymbosa* L. seeds. Plant Plysiology. 7: 35-39.

**Erdtman, G.** 1952. Pollen Morphology and Plant Taxonomy: Angiospermas. Hafnes Publishing Company. N.Y. and London.

**Erdtman, G.** 1963. Polynology in Advances. Bot. Res. 1:149-208. Edit. R.D. Preston Acad. Press. N.Y. and London.

**Esau, K.** 1985. Anatomía Vegetal. Edit. OMEGA, Barcelona.

**Farb, P.** 1962. Los Insectos. Colección de la Naturaleza. LIFE.

**Flores-Vindas, E.** 1999. La Planta: Estructura y Función. Libro Universitario Regional.

**Fuchs, H.** 1967. Pollen Morphology of the family Bombacaceae. Rev. Palaeobot. Palynol. 3:119-132.

**Gibbs, P.E., J. Semir & N.D. Da Cruz.** 1988. A proposal to unite the genera *Chorisia* Kunth and *Ceiba* Miller (Bombacaceae). Notes R.B.G. Edinb. 45(1):125-136.

**Kremp, G.O.W.** 1965. Morphologic of Palynology. The University of Arizona Press. Tucson.

**Tressens, S.G.** 1974. Los granos de polen de los géneros *Malvastrum* y *Acaulimalva* (Malvaceeae). Darwiniana. 19(1): 40-59.

*Arnaldoa* 19(2): 211 - 224, 2012 ISSN: 1815 - 8242

# Composición florística, diversidad y estructura de los Bosques sobre arena blanca de la Reserva Nacional Allpahuayo-Mishana, Loreto, Perú

# Floristic composition, diversity and structure of white sand forest from the Allpahuayo-Mishana National Reserve, Loreto, Peru

***Ricardo Zárate Gómez***
Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana / PROTERRA. Jr. Napo 582, Iquitos - PERÚ.
*rzarate@iiap.org.pe*

***Tony Jonatan Mori Vargas***
Bosques Para La Vida; Carretera Santo Tomas B-4. Iquitos- PERÚ. *tjmorivargas@gmail.com*

***Luis Andres Valles Pérez***
Universidad Nacional de la Amazonía Peruana. Facultad de Ciencias Forestales. Jr. Canadá 153, Punchana. Iquitos - PERÚ. *luis8_valles@hotmail.com*

## Resumen

El presente trabajo de investigación trata sobre la composición florística y estructura de los Bosques sobre arena blanca (Varillales) de la Reserva Nacional Allpahuayo Mishana (RNAM), Loreto-Perú. Para lo cual se ha establecido dos parcelas de 100 por 100 m, evaluando todos los individuos de plantas con tallos ≥ 10 cm de DAP (diámetro a la altura del pecho), se determinaron las especies, se analizó la composición florística, la diversidad alfa y beta, y la estructura. Se registró 1625 individuos de plantas correspondientes a 108 especies (77 especies y 31 morfoespecies) incluidas en 61 géneros y 35 familias de Angiospermas; con una baja a mediana diversidad alfa y una considerable diversidad beta. Las especies más abundantes son *Caraipa utilis* (386 ind., 23,8%), *Pachira brevipes* (323 ind., 19,9%), *Dicymbe uaiparuensis* (140 ind., 8,6%), *Haploclathra cordata* (124 ind., 7,6%), *Dendropanax umbellatus* (70 ind., 4,3%), y otras; y entre las familias: Clusiaceae (544 ind., 33,5%), Bombacaceae (323 ind., 19,9%), Caesalpiniaceae (234 ind., 14,4%), Araliaceae (72 ind., 4,4%), Sapotaceae (68 ind., 4,2%), entre otras. La composición florística de los Varillales de Allpahuayo-Mishana (Perú) presentan más similitud con los de las Guayanas que con los reportados en Brasil, asimismo la diversidad alfa es más baja de acuerdo con lo reportado en la Amazonía brasilera; mientras que la cantidad de tallos ≥ 10 cm de DAP tiende a ser mayor en comparación con lo reportado para el sector de Rio Negro (Brasil).

**Palabras clave:** Bosques sobre arena blanca, Varillales, diversidad, composición florística, estructura.

## Abstract

This work is about the floristic composition, diversity and structure of white sand forest from the Allpahuayo-Mishana National Reserve (AMNR), Loreto, Peru. Two 100 x 100 m plots were implemented, all plants with stems ≥ 10 cm DBH (diameter at breast height) were evaluated and the species were identified. We analyzed alpha and beta diversity, floristic composition and structure. 1625 individuals were recorded for 108 plant species (77 species and 31 morphospecies) included in 61 genera and 35 families of Angiosperms. It has low to medium range alpha diversity, and beta diversity is considerable. The most abundant species are: *Caraipa utilis* (386 ind., 23,8%), *Pachira brevipes* (323 ind., 19,9%), *Dicymbe uaiparuensis* (140 ind., 8,6%), *Haploclathra cordata* (124 ind., 7,6%), *Dendropanax umbellatus* (70 ind., 4,3%), and others; and among families: Clusiaceae (544 ind., 33,5%), Bombacaceae (323 ind., 19,9%), Caesalpiniaceae (234 ind., 14,4%), Araliaceae (72 ind., 4,4%), Sapotaceae (68 ind., 4,2%), and others. The floristic composition of AMNR (Peru) white sand forest shows more similarity with those of the Guianas than with those reported in Brazil, alpha diversity is lower in accordance with those reported in the Brazilian Amazon, while the number of ≥ 10 cm DBH stems tends to be higher compared to that reported in the area of Rio Negro (Brazil).

**Key words**: White sand forest, diversity, floristics composition, forest structure.

## Introducción

Los Bosques de arena blanca (Varillales) en general se pueden conceptuar de la siguiente manera: Composición florística peculiar (Pennington *et al.*, 2004; Anderson, 1981), con alta proporción de Fabaceae, Bombacaceae, Clusiaceae, Sapotaceae, Chrysobalanaceae y Euphorbiaceae (Coomes & Grubb [1995], Freitas [1996], Ruokolainen & Tuomisto [1998], Phillips & Miller [2002], García *et al.,* [2003], y Amasifuen & Zárate [2005]), baja diversidad florística y alto endemismo (Anderson, 1981; Zárate & Mori, 2012), con especies que principalmente no se reportan en los Bosque de tierra firme de la Amazonía (Pitman *et al.*, 2008; Fine *et al.*, 2010). Numerosos árboles con diámetros "pequeños", (Pennington *et al.*, 2004; Coomes & Grubb, 1995; Encarnación, 1993), la altura puede llegar hasta 20-25 m y los emergentes hasta 25-35 m (Encarnación, 1993), las hojas con el esclerénquima desarrollado notoriamente, escaso en liana, enredaderas y hierbas (Coomes & Grubb, 1995; Encarnación, 1993), y las raíces son superficiales. Y se desarrollan sobre suelos de arena blanca (Pennington *et al.*, 2004; Anderson, 1981; Encarnación, 1993; IIAP-BIODAMAZ, 2004), con drenaje de bueno a regular (Encarnación, 1993); correspondiendo a islas como hábitat funcional (Prance, 1996).

Esta comunidad vegetal presenta varios nombres: Varillal en Perú; Campinarana Floresta en Brasil; Wallaca en las Guyanas y Colombia; Bana, Cunurí, Muri, Yevaro (Venezuela y Brasil), White-sand Forest en Guyana (Anderson, 1981; Vicentini, 2004).

Los Varillales se distribuyen dispersamente en la Amazonía peruana, en las planicies laterales de los ríos Nanay (Allpahuayo-Mishana), Pintuyacu, Chambira y Morona, y en las cercanías a las localidades de Jenaro Herrera, Jeberos, Tamshiyacu (Freitas, 1996; IIAP-BIODAMAZ, 2004; Encarnación, 1993; Fine *et al.*, 2010). Tienen una importancia ecológica y social, ya que en ellas se encuentran varias especies endémicas con distribución local y puntual, y además de ser una comunidad vegetal peculiar; y fuente directa e indirecta de recursos a pobladores locales y no locales (BIODAMAZ, 2004).

La investigación de la composición diversidad y estructura de las comunidades vegetales sobre arena blanca permitirán contribuir con información base para utilizar en la planificación del manejo sostenible de esta comunidad vegetal, la cual está sometida a cierta presión por la arena para la construcción de las viviendas y la sobre extracción de madera redonda.

En la Amazonía peruana al menos hay seis publicaciones del Bosque sobre arena blanca, en los que se reportan la composición florística a partir de inventarios (Freitas, 1996; Ruokolainen & Tuomisto, 1998; Phillips & Miller, 2002 [parcelas de A. Gentry]; García *et al.*, 2003; Amasifuen & Zárate, 2005; & Fine *et al.*, 2010), pero ninguna de ellas corresponde a parcelas de 100 x 100 m con muestreos de arboles desde 10 cm de DAP (diámetro a la altura del pecho), lo cual dificulta su comparación con la gran cantidad de parcelas establecidas en Bosques sobre suelo arcilloso.

En el presente documento presentamos un inventario florístico de dos parcelas de 1 ha (100 x 100 m), en el cual se hace un análisis de su diversidad, composición florística y su estructura, para generar información y contribuir con el manejo sostenible de esta comunidad vegetal.

## Materiales y Métodos

### Área de estudio

**Ubicación.-** Las parcelas investigadas se ubican dentro de la Zona Reservada Allpahuayo Mishana, en el distrito de San Juan Bautista de la Provincia de Maynas del Departamento de Loreto, de la Republica del Perú (ver Fig. 1); una de las parcelas se encuentra cercana a la localidad de 13 de Febrero, aproximadamente a la altura del km 31 de la carretera Iquitos-Nauta, y la segunda parcela está cercana a la localidad de Expetroleros, aproximadamente a la altura del km 42 de la carretera Iquitos-Nauta. La distancia entre las parcelas es de 10,0 km aproximadamente. Las altitudes y coordenadas geográficas se detallan en la Tabla 1.

Tabla 1. Coordenadas geográficas y altitud de las dos parcelas de muestreo

| Parcela | Vértice | X | Y | Altitud msnm |
|---|---|---|---|---|
| Parcela Expetroleros | Punto 1 | 663186 | 9558554 | 160 |
| | Punto 2 | 663175 | 9558455 | 184 |
| | Punto 3 | 663083 | 9558445 | 165 |
| | Punto 4 | 663089 | 9558549 | 157 |
| Parcela 13 de Febrero | Punto 1 | 672665 | 9558942 | 150 |
| | Punto 2 | 672711 | 9558850 | 131 |
| | Punto 3 | 672801 | 9558914 | 165 |
| | Punto 4 | 672747 | 9558993 | 157 |

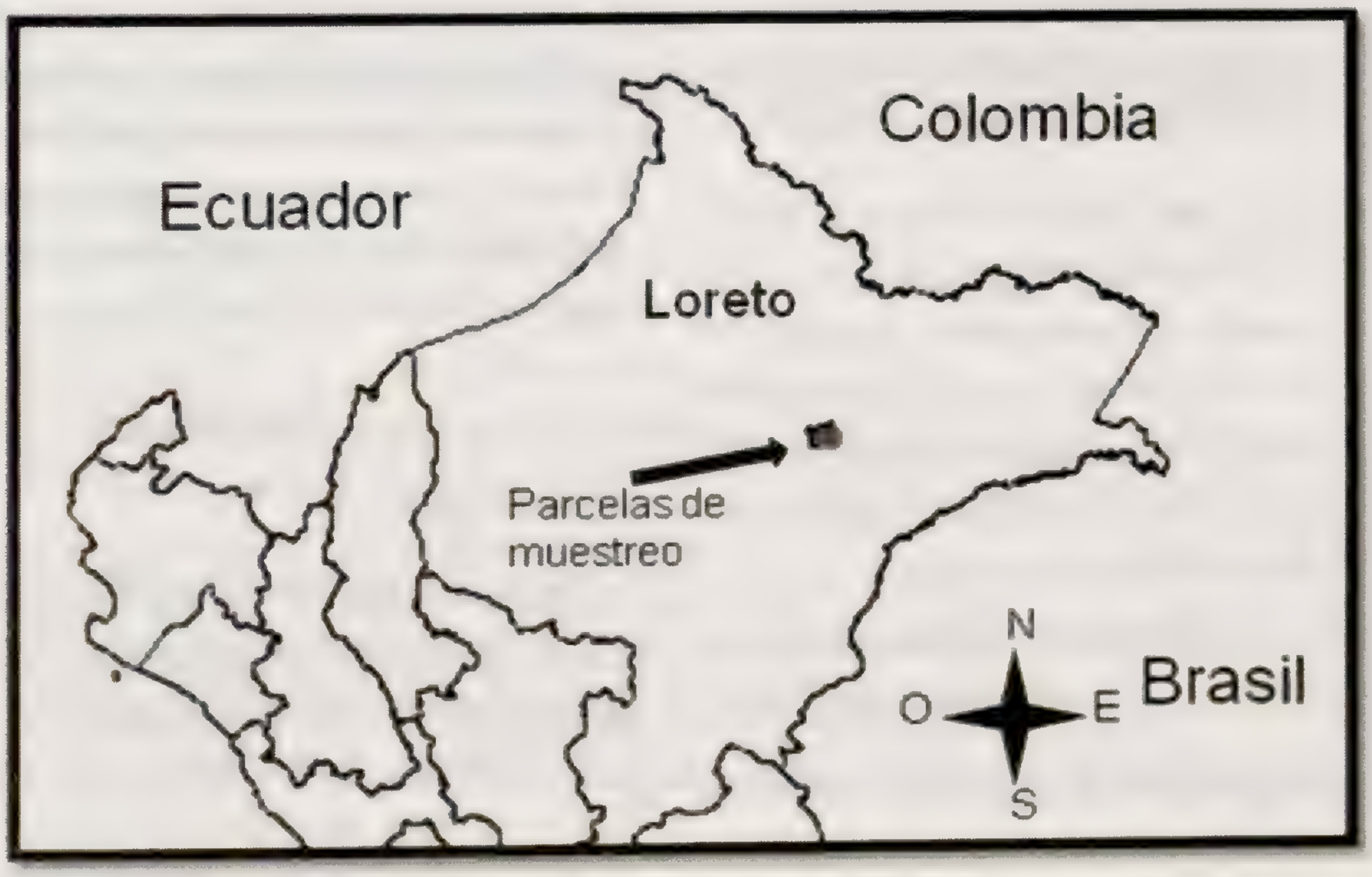



Fig. 1. Mapa de ubicación del área de estudio

**Vegetación.-** La vegetación corresponde al Bosque sobre arena blanca, denominado localmente como Varillal. La cual se caracteriza por presentar una baja diversidad alfa, alto nivel de endemismo, dominancia de fustes delgados, con una composición florística representada por: *Pachira brevipes*, *Dicymbe uaiparuensis*, *Caraipa utilis*, *Sloanea spathulata*, *Dendropanax umbellatus*, *Chrysophyllum sanguinolentum*, *Macrolobium microcalyx*, *Ternstroemia klugiana*, *Haploclathra paniculata*, *Ravenia biramosa*, *Licania* lata, *Calophyllum brasiliense*, entre otras; y desarrollarse sobre suelo arenoso (Encarnación ,1993; Vásquez, 1997; Ruokolainen & Tuomisto, 1998; IIAP, 2001; Garcia *et al.*, 2003; IIAP-BIODAMAZ, 2004; Pennington *et al.*, 2004, Amasifuen & Zárate, 2005; Zárate *et al.*, 2006; Josse *et al.*, 2007).

**Parcelas de muestreo**

Se ha establecido dos parcelas permanentes de una hectárea, de forma cuadradas, 100 x 100 m, cada una de las parcelas fue dividida en 10 subparcelas de 50 x 20 m. Elaboramos esta forma y tamaño de parcela para poder comparar con otras parcelas preestablecidas en otras localidades tanto en Bosques sobre suelo arcilloso como en suelo arenoso.

Previamente en gabinete se eligió los Bosques sobre arena blanca a evaluar a partir de imágenes de satélite LandSat del 2005 (pixel de 30 x 30 m) y RapidEye del 2010 (pixel de 5 x 5 m); luego en el campo, con instrumentos de navegación se determinó finalmente el lugar definitivo de las parcelas.

**Inventario Florístico**.- En esta investigación se han considerado las Angiospermas y Gimnospermas con DAP (diámetro a la altura del pecho, a 1,3 m de altura) de $\geq$ 10 cm, para cada individuo se registró el código de su placa, taxa, altura, DAP, látex, olor, flor, frutos, parcela, subparcela y fecha de colecta. Los códigos de

las colectas corresponden a R. Zárate de 19393 a 19478, y a T. Mori de 001 a 177. La fase de campo se ejecutó de Enero del 2011 a Febrero del 2012.

Para la media del DAP se calculó a partir de la circunferencia la cual se medió con una cinta métrica; y la altura de los árboles se midió a partir de una observación directa, teniendo como referencia una vara de dos metros.

**Herborización**

*Colecta de muestras botánicas*.- La colectas botánicas se ejecutaron con tijeras telescópicas y podadoras de mano, subidores de árboles, binoculares, hondas y proyectiles; en el caso de los árboles altos se colectaron hojas sueltas del suelo o con el soporte de hondas se obtenía varias hojas; los individuos con flores y o frutos los colectamos con más repeticiones.

*Codificación*.- Todos los individuos registrados tienen un código de registro y además tiene un código de colecta. *Prensado*.- El prensado de las muestras botánicas se realizó en el campo, se colocó las muestras dentro de papel periódico, y apiladas unas sobre otras hasta formar grupos de 20-35 muestras, para luego sujetarlas con fibras resistentes.

*Preservado*.- Los paquetes de muestras botánicas se conservaron dentro de bolsas con alcohol al 60-75%.

*Secado*.- Este proceso se realizó en ambientes especializados para la notoria pérdida de agua de las muestras, se ejecutó en los secadores de Servicios de Biodiversidad, con fuentes de calor basadas en fuego directo.

*Identificación taxonómica*. La identificación de las especies se ha iniciado en el momento de la colecta, luego del secado de las muestras se confirmó la determinación o se continuó aumentando la resolución taxonómica, comparando con las exsiccátas del AMAZ, bibliografía especializada como: Spichiger *et al.*, 1990a, 1990b; Berg *et al.*, 1990; Pennington, 1990; Van der Werff, 1991; Gentry, 1993; Henderson, 1995; Reynel & Pennington 1997; Vásquez, 1997; Ribeiro *et al.*, 1999; Pennington *et al.*, 2004; Reserva Nacional Pacaya Samiria (RNPS), 2004; Vásquez & Rojas, 2004; Amasifuen & Zárate, 2005; y otros más. Para la verificación de los estados taxonómicos de las especies se ha utilizado: Brako & Zarucchi (1993), Vásquez *et al.* (2002), y The Plant List (2012, www.theplantlist).

*Depósito*.- Finalmente las muestras botánicas fueron enviadas a los herbarios AMAZ, HERRERENSE y USM. El sistema de Clasificación utilizado corresponde a Cronquist (1988).

**Análisis**

Se realizaron los siguientes análisis: diversidad alfa α Fisher y Shannon, diversidad beta de Bray Curtis y Simpson (Moreno, 2001), ANOVA para las cantidades de especies e individuos de las subparcelas, análisis de la estructura de los DAP y las alturas con cuadros de distribución de frecuencias, y curvas de acumulación de especies. En el análisis del DAP se ha considerado clases de 5 cm de amplitud y en las alturas de 5 m. Para el cálculo de la diversidad se utilizó el programa PAST y para el ANOVA se utilizó el programa R.

## Resultados

**Diversidad**

En las dos parcelas se registró 1625 individuos ≥ 10 cm de DAP correspondientes a 108 especies (77 especies y 31 morfoespecies) incluidas en 61 Géneros y 35 Familias de Angiospermas, no se reportan Gimnospermas. Se colectó 263 muestras botánicas. La parcela de 13 de Febrero tiene 33 especies y la de Expetroleros 96 especies.

La diversidad alfa que presentan las parcelas son: 1,80 (13 de Febrero) y 3,60 (Expetroleros) de acuerdo a Shannon H; 0,73 (13 de Febrero) y 0,95 (Expetroleros) de acuerdo a Simpson 1-D; y 6,77 (13 de Febrero) y 26,35 (Expetroleros) de acuerdo a α Fisher. Estos valores reflejan una baja a mediana diversidad florística.

La diversidad beta de Simpson entre las dos parcelas es de 0,64, lo cual indica una buena similaridad en cuanto a la presencia de especies; mientras que la similaridad cuantitativa de Jaccard y Bray-Curtis es de 0,21 y 0,27, indicando valores bajos, lo cual esta influenciado fuertemente por la notoria diferencia

entre las cantidades de individuos por especies en las dos parcelas. La parcela de 13 de Febrero tiene menos riqueza de especies que la parcela de Expetroleros, contrariamente la parcela de Expetroleros tiene menos individuos. Al menos 21 (19,4%) especies se comparten entre las dos localidades, 12 (11,1%) especies solo se reportan en la parcela de 13 de Febrero y 75 (69,4%) en la parcela de Expetroleros.

**Composición**

Las especies con la mayor cantidad de individuos corresponden a: *Caraipa utilis* (386 ind., 23,8%), *Pachira brevipes* (323 ind., 19,9%), *Dicymbe uaiparuensis* (140 ind., 8,6%), *Haploclathra cordata* (124 ind., 7,6%), *Dendropanax umbellatus* (70 ind., 4,3%), *Marlierea caudata* (36 ind., 2,2%), *Tachigali paniculata* (30 ind., 1,8%), *Emmotum floribundum* (25 ind., 1,5%), *Roucheria punctata* (22 ind., 1,4%), *Ternstroemia klugiana* (22 ind., 1,4%), entre otras; en cuanto a los géneros tenemos a: *Caraipa* (386 ind., 23,8%), *Pachira* (323 ind., 19,9%), *Dicymbe* (140 ind., 8,6%), *Haploclathra* (124 ind., 7,6%), *Dendropanax* (70 ind., 4,3%), entre otros; y familias a: Clusiaceae (544 ind., 33,5%), Bombacaceae (323 ind., 19,9%), Caesalpiniaceae (234 ind., 14,4%), Araliaceae (72 ind., 4,4%), Sapotaceae (68 ind., 4,2%), Myrtaceae (41 ind., 2,5%), Apocynaceae (38 ind., 2,3%), Icacinaceae (36 ind., 2,2%), Linaceae (27 ind., 1,7%), Mimosaceae (25 ind., 1,5%), entre otras. Los géneros con la mayor riqueza corresponden a: *Macrolobium* (6 esp., 5,8%), *Pouteria* (5 esp., 4,8%), *Tachigali* (5 esp., 4,8%), *Aspidosperma* (4 esp., 3,8%), *Micropholis* (4 esp., 3,8%), entre otros, y las familias a: Caesalpiniaceae (14 esp., 13,5%), Sapotaceae (10 esp., 9,6%), Clusiaceae (7 esp., 6,7%), Rubiaceae (6 esp., 5,8%), Apocynaceae (5 esp., 4,8%), Icacinaceae (5 esp., 4,8%), Chrysobalanaceae (4 esp., 3,8%), Euphorbiaceae (4 esp., 3,8%), Myrtaceae (4 esp., 3,8%), Burseraceae (3 esp., 2,9%), entre otras.

La suma de los individuos de las 10 especies (= 9,3% del total de especies) más abundantes agrupa más del 70% de individuos (72,5%); lo cual demuestra una fuerte dominancia de un pequeño grupo de especies, contrariamente 49 especies (= 45,4% del total de especies) sólo contiene el 4,1% del total de individuos, remarcando la clara diferencia entre las cantidades de individuos por especies. Similarmente acontece en las familias, en las que el 86,6% de los individuos están incluidos en 10 familias, las cuales sólo representan el 28,6% del total de las familias. Varias familias que presentan una alta cantidad de individuos se corresponden con familias con alta riqueza, pero: Bombacaceae, Araliaceae, Linaceae, Rubiaceae, Chrysobalanaceae, Euphorbiaceae y otras; no presentan esa característica. Asimismo, el 67% (41) de los géneros contiene solamente una especie, y los géneros con mayor cantidad de individuos no se corresponden con los géneros con la mayor riqueza.

La cantidad de especies por cada subparcela de 20 x 50 m varió de 6 a 39 con un promedio de 19,9 especies; las subparcelas con las mayores cantidades de especies tienden a estar adyacentes entre ellas y las menores cantidades de especies también tienden a agruparse espacialmente entre ellas. El análisis de varianza de Fisher (ANOVA) demuestra que la cantidad de especies por subparcelas no son iguales, para nivel de significancia de 0,05. La curva de acumulación de especies indica que se estabiliza aproximadamente hasta 1,1 hectáreas muestreadas, luego de esto son pocas las especies que se incluyen (ver Figura 2).

**Estructura**

Se registró en total 1625 individuos ≥ 10 cm de DAP en las dos hectáreas muestreadas. En la parcela de Expetroleros hay 746 individuos (45,9%) y en la de 13 de Febrero 879 individuos (54,1%). La cantidad de tallos por cada subparcela de 20 x 50 m varía de 49 a 109 con un promedio de 81,25 individuos; las subparcelas con las mayores cantidades de individuos tienden a estar adyacentes entre ellas y las de menores cantidades de individuos también tienden a agruparse espacialmente entre ellas. El análisis de varianza de Fisher (ANOVA) demuestra que la cantidad de individuos por subparcelas no son iguales, para nivel de significancia de 0,05, consecuentemente la cantidad de individuos por parcelas son diferentes estadísticamente, con una diferencia de hasta 60 individuos entre las subparcelas y 133 individuos entre las parcelas. En total hay 54,79 $m^2$ como

área basal entre todos los tallos muestreados; 29,75 $m^2$ (54,3%) para Expetroleros y 25,04 $m^2$ (45,7%) para 13 de Febrero. Las cinco especies con la mayor cantidad de área basal son: *Caraipa utilis* (31,21%), *Haploclathra cordata* (11,88%), *Pachira brevipes* (9,53%), *Dicymbe uaiparuensis* (6,40%) y *Taralea oppositifolia* (4,55%); juntas agrupan 34,83 $m^2$ (63,57%).

En cuanto al DAP tenemos que se ajusta a una "J" invertida, más del 70% del total de individuos se encuentran en la clase de 10 < 20 cm de DAP (ver Fig. 3), y la mayoría de las clases superiores contiene menos del 10% del total de individuos, reflejándose de esta forma la tendencia de "fustes delgados" para esta comunidad vegetal. La comparación entre la cantidad de individuos de las clases diamétricas entre las parcelas indica que son iguales estadísticamente. El 74,1% de las especies están contenidas solamente en la clase diamétrica: de 10 a menos 15 cm, que corresponde a la primera clase diamétrica. Las especies: *Pachira brevipes*, *Caraipa utilis*, *Dicymbe uaiparuensis*, *Dendropanax umbellatus*, *Haploclathra cordata* corresponden a las más abundantes en las primeras clases diamétricas, pero hacia las clases superiores *Pachira brevipes* y *Dendropanax umbellatus*, disminuyen notoriamente en abundancia. La cantidad de árboles disminuye notoriamente en relación al incremento de la clase de altura. El 69,7% de los árboles presentan alturas entre las clases de 10 < 15 y de 15 ≤ 20 m de alto, y aproximadamente el 3% de los tallos son emergentes, los cuales pueden medir de 30 a 35 m de altura y corresponden a principalmente a: *Caraipa utilis*, *Dicymbe uaiparuensis*, *Haploclathra cordata* y *Aspidosperma excelsum*.

**Fig. 2. Curva de acumulación de especies-área para 2 ha en Bosques sobre arena blanca**

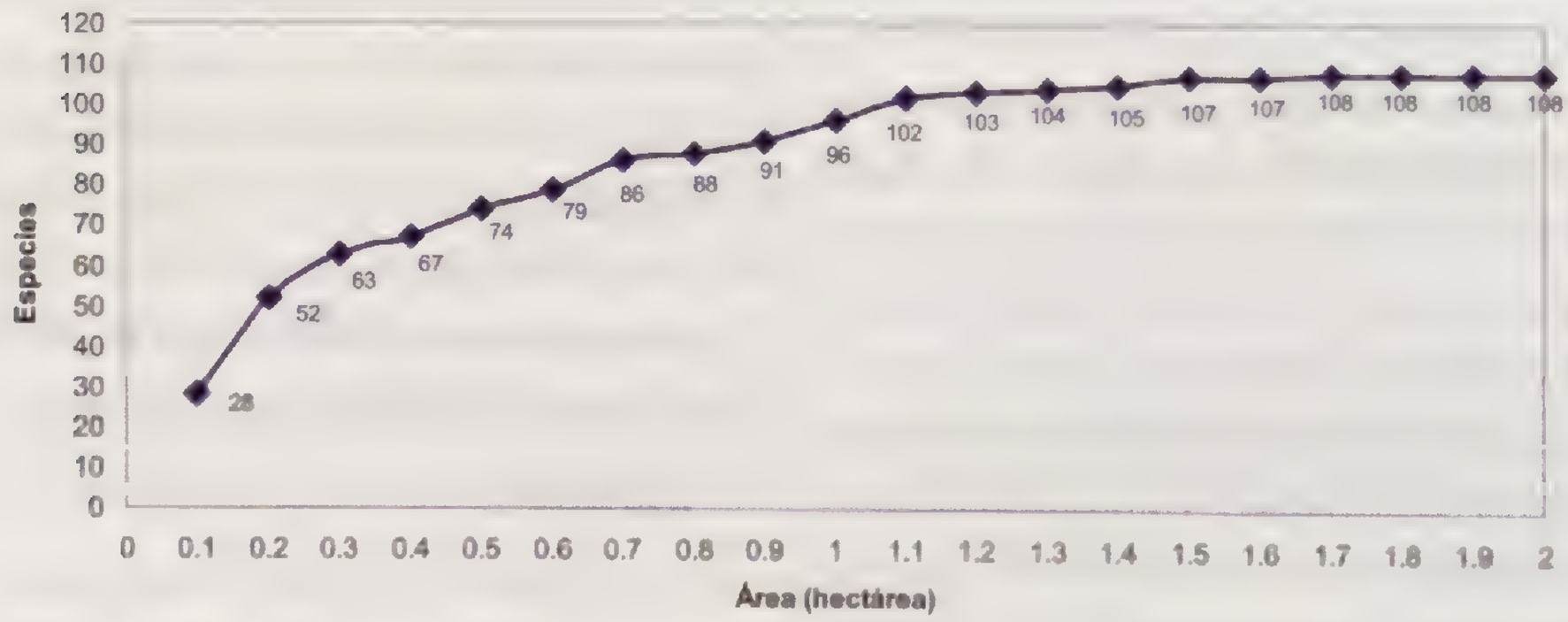



**Fig. 3. Clases diamétricas de los tallos de los individuos de las dos parcelas en Bosques sobre arena blanca**

## Discusión

### Diversidad

La diversidad αFisher reportadas en el presente trabajo para Allpahuayo - Mishana (Perú) son 6,77 (13 de Febrero) y 26,35 (Expetroleros), promedio = 16,56; lo cual representa un valor bajo comparado con lo reportado para el sector de Rio Negro en Brasil (Stropp *et al.*, 2011), en la cual varía de 27,73 a 39,01 con promedio = 33,62; y es más notoriamente bajo cuando lo comparamos con lo reportado para los Bosques de tierra firme en Loreto (Perú), en la que Valderrama, 2007 (a partir de parcelas de Nigel Pitman y colaboradores) reporta un promedio de 175,3 (n=18). La Similaridad entre las parcelas de acuerdo Bray-Curtis es de 0,27 lo cual es un valor incluido en el rango 0,62 a 0,16 que publica Stropp *et al.* (2011), para el sector de Rio Negro en Brasil.

La parcela de 13 de Febrero tiene 33 especies y la de Expetroleros 96 especies, mientras que en el sector de sector de Rio Negro en Brasil la cantidad de especies varía de 87 a 116 (Stropp *et al.*, 2011), lo cual podría indicar que hacia el este de la Amazonía los Varillales presentan una ligera mayor riqueza por área, lo cual también es aceptado por IIAP-BIODAMAZ (2004); por otra parte para los Bosques de tierra firme de Loreto se reportan 252,3 especies por ha (Valderrama, 2007 (a partir de parcelas de Nigel Pitman y colaboradores), notándose claramente la baja riqueza que contienen los Bosques sobre arena blanca.

Mientras que para parcelas más pequeñas de 0,1 ha Fine *et al.* (2010), reportan en promedio 41,5 especies para la Amazonía peruana, y en las parcelas aquí evaluadas tenemos que el promedio es de 19,8 con un rango de 6 a 39 especies en las 20 subparcelas de 0,1 ha, esta fuerte diferencia está ocasionada por los DAP utilizados ya que Fine *et al.* (2010) utilizaron de ≥ 2,5 cm y en el presente trabajo son de ≥ 10 cm; asimismo Amasifuen & Zárate (2005) reportan un promedio de 50 especies con el mismo método para Varillales, lo cual es similar a lo reportado por Fine *et al.* (2010), entonces podemos decir que la cantidad de especies reportados en esta investigación son similares.

Al comparar la composición florística de los Bosques sobre arena blanca de Allpahuayo-Mishana (Perú) con los de La Esmeralda (Venezuela), publicado por Coomes & Grubb (1996), ocurre una similaridad muy baja, pero podemos suponer que varias especies a pesar de ser diferentes, están haciendo las mismas funciones ecológicas (nichos): como por ejemplo: *Dendropanax umbellatus* con *Dedropanax arboreus*; *Caraipa* utilis con *Caraipa longipedicellata; Pachira brevipes* con *Bombacopsis* cf. *amazónica*; *Pagamea coriacea* cf. con *Pagamea plicata*, lo cual nos permite suponer que la cantidad de nichos ecológicos en esta comunidad vegetal tiende a ser la misma, aunque con especies distintas, en lugares diferentes.

### Composición

Para el Bosque sobre arena blanca en Loreto se ha reportado confiadamente 501 especies de plantas principalmente entre árboles y arbustos, además de esto también se reporta en total 338 morfoespecies que podrían o no estar incluidas en las especies citadas, todas estas incluidas en 292 géneros y 95 familias (Freitas [1996], Ruokolainen & Tuomisto [1998], Phillips & Miller [2002], García *et al.* [2003], Amasifuen & Zárate [2005]).

Para la Amazonía peruana las familias con mayor cantidad de individuos son: Fabaceae (15.95%), Bombacaceae (12.12%), Clusiaceae (11.49%), Sapotaceae (5.95%), Chrysobalanaceae (3.53%), Euphorbiaceae (3.28%), Annonaceae (3.20%), Apocynaceae (3.11%), Myristicaceae (2.98%), Lauraceae (2.78%), Elaeocarpaceae (2.77%), Rubiaceae (2.43%) entre otras (Freitas [1996], Ruokolainen & Tuomisto [1998], Phillips & Miller [2002], García *et al.* [2003], Amasifuen & Zárate [2005]), resultados similares también son reportados por Fine *et al.* (2010). Lo cual es concordante con nuestros resultados con varias familias excepto con Araliaceae, Myrtaceae, Icacinaceae y Linaceae las cuales son notoriamente abundantes; esto podría estar explicando que algunas familias pueden ser dominantes en algunos parches de Varillal y otras familias en otros parches. Asimismo para el sector de Río Negro en Brasil (Stropp *et al.*, 2011) también se reporta como

familias más importantes a: Fabaceae, Sapotaceae, Euphorbiaceae, Annonaceae, Burseraceae, Clusiaceae, Chrysobalanaceae, Myristicaceae, Lecythidaceae; lo cual es concordante con nuestros resultados.

En nuestro estudio las especies con la mayor cantidad de individuos corresponden a: *Caraipa utilis* (23,8%), *Pachira brevipes* (19,9%), *Dicymbe uaiparuensis* (8,6%), *Haploclathra cordata* (7,6%), *Dendropanax umbellatus* (4,3%), *Marlierea caudata* (2,2%), *Tachigali paniculata* (1,8%), *Emmotum floribundum* (1,5%), *Roucheria punctata* (1,4%), *Ternstroemia klugiana* (1,4%), y otras; mientras que para Freitas (1996), Ruokolainen & Tuomisto (1998), Phillips & Miller (2002), García *et al.* (2003), Amasifuen & Zárate (2005) las especies con las mayores cantidades de individuos son: *Pachira brevipes* (13.76%), *Dicymbe uaiparuensis* (7.89%), *Caraipa utilis* (7.21%), *Sloanea spathulata* (2.43%), *Dendropanax umbellatus* (2.39%), *Chrysophyllum sanguinolentum* (2.27%), *Calophyllum brasiliense* (2.23%), *Macrolobium microcalyx* (1.76%), *Ternstroemia klugiana* (1.70%), *Haploclathra paniculata* (1.35%), *Macrolobium limbatum* (1.33%), *Ravenia biramosa* (1.33%), *Licania lata* (1.17%), *Chrysophyllum bombycinum* (0.94%), *Licania intrapetiolaris* (0.94%), *Matayba inelegans* (0.87%), entre otras; el cual es un resultado similar a nuestro reporte.

Mientras que los Bosques sobre arena blanca en la Amazonía brasilera se reportan: *Eperua leucantha*, *Eperua purpurea*, *Aldina heterophylla*, *Inga* sp., *Monopteryx uaucu*, *Taralea oppositifolia*, *Pradosia* cf. *mutisii*, *Scleronema micranthum*, *Micrandra sprucei*, *Haploclathra paniculata*, *Clusia insignis*, *Humiria balsamifera*, *Macrolobium areiarium*, *Pagamea duckei*, *Protium heptaphyllum*, *Sandemania hoehnei*, *Swartzia dolichopoda*, *Glycoxylon* sp., *Psychotria barbifera*, y otras (Anderson *et al.*, 1975; Prance, 1996; Stropp, *et al.*, 2011); lo cual indica un patrón de composición florística distinto a lo reportado para la Amazonía peruana. Entonces al parecer la composición florística de los Varillales de Loreto tiene una baja similitud con los de la Amazonía de Brasil, pero hay una mayor similitud con los de las Guayanas con casi el 40% de las especies similares (Boggan *et al.*, 1997) con nuestro reporte.

Por otra parte hay algunas especies que forman agrupaciones densas como el caso de *Haploclata cordata*, que presenta varios individuos en la parcela de Expetroleros y no presenta en la parcela de 13 de Febrero. Mientras que en la Campinarana Floresta de Brasil puede formar grupos densos *Humiria balsamífera* (Prance, 1996).

**Estructura**

El bosque sobre arena blanca de Allpahuayo-Mishana (Perú) presenta una mayor cantidad de árboles por 1 ha ≥10 cm de DAP, en la que reportamos un promedio de 812,5 (n=2); que en la zona de tierra firme de Río Negro (Brasil), donde Stropp *et al.* (2011) reportaron 631 árboles/ha; lo cual está más aproximado a los 608,7 árboles/ha (n=18) mencionado por Valderrama, 2007 (a partir de parcelas de Nigel Pitman y colaboradores), para los bosques de tierra firme de Loreto (Perú). Contrariamente IIAP-BIODAMAZ (2004) reporta solamente 500 individuos/ha para los Varillales, lo cual indica que probablemente el patrón de la cantidad de tallos dentro de los Varillales de la Amazonía peruana es variable.

La estructura del DAP se ajusta a una "J" invertida lo cual concuerda con Vicentini (2004) en el Parque Nacional do Jaú (Brasil) y con Amasifuen & Zárate (2005) en Allpahuayo-Mishana (Perú), para los Bosques sobre arena blanca; resultados similares reportan Valderrama (2007) y Ríos & Dávila (2006) para los Bosques sobre suelo arcilloso o arcillo-arenoso.

En el presente estudio más del 70% del total de individuos se encuentran en la clase de 10 < 20 cm de DAP, lo cual disminuye un poco de lo publicado por Vicentini (2004), encontrando el 90% aproximadamente para el Bosque sobre arena blanca en el Parque Nacional do Jaú (Brasil); asimismo para el sector de La Esmeralda (Venezuela) se reportan resultados similares (Coomes & Grubb, 1996).

En cuanto al área basal por ha tenemos en promedio: 27,395 $m^2$, lo cual podría indicar que hay ligeramente más área basal en los Bosques sobre arena blanca en Allpahuayo-Mishana (Perú) en comparación con los

de Río Negro (Brasil), en la que Stropp *et al.* (2011) reportaron: 25,4 $m^2$. Sin embargo IIAP-BIODAMAZ (2004) reportan solamente 19,988 $m^2$/ha, lo que sugiere un patrón de área basal diferente en los Varillales de la Amazonía peruana.

**Sustrato**

El sustrato sobre el que se desarrollan los Varillales corresponde a arena blanca (Encarnación [1985, 1993]; García *et al.*, [2003]; IIAP-BIODAMAZ, 2004; Amasifuen & Zárate [2005]; Mardegan *et al.*, [2009]) pobres en nutrientes y deficiencia de agua (Anderson, 1981), y así también se reporta en la presente investigación, sin embargo Zárate & Mori (2011) reportan a esta misma comunidad de especies sobre sustratos pantanosos, hacia las localidades de Samaria, al oeste de Tamshiyacu, en Loreto-Perú; lo cual también es aceptado indirectamente por IIAP-BIODAMAZ (2004) al reportar a Varillales sobre ambientes inundables por los ríos Nanay, Pintuyacu y Chambira en Loreto y por Kubitzki (1989) en donde encontró muchas especies de savanas sobre arena blanca de la Amazonía y Guyanas en ambientes inundados.

## Agradecimientos

Queremos agradecer a Bosques Para La Vida por financiar la parte de campo de este proyecto; al Herbario Amazonense (AMAZ, dirigido por César Grandez y Felicia Díaz) por permitirnos consultar sus exsiccátas; al Jefe de la Reserva Nacional Allpahuayo-Mishana (Carlos Rivera) por las facilidades brindadas en la ejecución del proyecto en campo. A Servicios de Biodiversidad (dirigido por Carlos Amasifuen y Fredy Ramírez) por su colaboración en el secado de las muestras botánicas y bibliografía facilitada; a los Herbarios AMAZ, USM y HERRERENSE por la recepción de nuestras muestras botánicas; a Nallaret Dávila, Elvis Valderrama y Marcos Ríos por la bibliografía especializada proporcionada; a Pablo Pisco, James Macedo, Silvia Meneces, Diego Aguilar, Hilda Dávila, Randal Cueva, George Gallardo, Diego Vásquez, Joannela Reyna, Jhonatan Dávila, Leslie Tananta, Rodrigo Bocanegra, Olivar Escobar, Ángela Ríos, Maricielo Quevedo, Juanita Wong y Frank Silva, por sus apoyo en la fase de campo de este proyecto. A David Urquiza y Alan Almeida por los materiales de campo prestados; a Nicole Mitidieri, Abelardo Ris, Raul Aguilar y Eleuterio Piña por las facilidades logísticas proporcionadas en el campo. Realmente, muchas gracias; estamos en deuda con todos ustedes.

## Literatura citada

**Amasifuen, C. & R. Zárate.** 2005. "Composición taxonómica, ecológica y período de floración de plantas leñosas "dicotiledóneas" en dos tipos de bosque del fundo UNAP (km. 31.5 carretera Iquitos-Nauta, Loreto Perú)". Tesis para optar por el título profesional de Biólogo. Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana. 397 págs.

**Anderson, A.** 1981. White-Sand Vegetation of Brazilian Amazonia. Biotropica 13(3): 199-210 p.

**Anderson, A.; G. Prance & B. Albuquerque.** 1975. Estudos sobre a vegetação das Campinas Amazonicas. Acta Amazonica 5(3): 225-246 p.

**Berg, C.; R. Akkermans & E. Exuden.** 1990. Cecropiaceae: *Coussapoa* and *Pourouma*, with an introduction to the Family. Flora Neotropica Monograph 51. The New York Botanical Garden. Ney York E.U.A. 208 pp.

**Boggan, J.; V. Funk; C. Kelloff; M. Hoff; G. Cremers & C. Feuillet.** 1997. CHECKLIST OF THE PLANTS OF THE GUIANAS (Guyana, Surinam, French Guiana). Prepared under the auspices of the Centre for the Study of Biological Diversity. University of Guyana, Georgetown, Guyana. Printed in the U.S.A.

**Brako, L. & J. Zarucchi.** 1993. Catalogue of the flowering plants and gymnosperms of Peru [Catálogo de las angiospermas y gimnospermas del Perú]. Monogr. Syst. Bot. Missouri Bot. Gard. 45: 1286 págs.

**Coomes, D. & P. Grubb.** 1996. Amazonian caatinga and related communities at La Esmeralda, Venezuela: forest structure, physiognomy and floristics, and control by soil factors. Vegetatio 122: 167-191 p. Kluwer Academic Publishers. Printedin Belgium.

**Cronquist, A.** 1988. Outline of Classification of Magnoliophyta. The Evolution and Classification of Flowering Plants. The New York Botanical Garden. Brox. New York. USA. 503-516 p.

**Encarnación, F.** 1985. Introducción a la flora y vegetación de la Amazonía Peruana: estado actual de los estudios, medio natural y ensayo de claves

de determinación de las formaciones vegetales de la llanura Amazónica. Candollea 40(1): 237-252.

**Encarnación, F.** 1993. El bosque y las formaciones vegetales en la llanura amazónica del Perú. Alma Mater. Vol. 6. UNMSM. Lima–Perú. 93– 114 p.

**Fine, P.; R. García; N. Pitman; I. Mesones & S. Kembel.** 2010. A Floristic Study of the White-Sand Forests of Peru. Ann. Missouri Bot. Gard. 97: 283–305 p.

**Freitas, L. A.** 1996. Caracterización Floristica y Estructural de cuatro comunidades boscosas de terraza baja en la Zona de Jenaro herrera, Amazonía Peruana. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana. Documento Técnico Nº 26. 77 pp.

**García, R.; M. Ahuite & M. Olórtegui.** 2003. Clasificación de bosques sobre arena blanca de la zona Reservada Allpahuayo-Mishana. FOLIA AMAZÓNICA VOL. 14 (1) - 2003 IIAP. 17-33 págs.

**Gentry, A. 1993.** A Field Guide to the Families and Genera of Woody Plants of Northwest South America (Colombia, Ecuador, Peru) with supplementary notes on herbaceous taxa. Conservation International. Washington-USA. 895 p.

**Henderson, A.** 1995. The Palms of the Amazon. Oxford University Press, Inc. New York. 362 p.

**IIAP-BIODAMAZ.** 2004. Diversidad de Vegetación de la Amazonía Peruana expresada en un mosaico de imágenes de satélite. Documento técnico Nº 12. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana -IIAP-. Proyecto Diversidad Biológica de la Amazonía Peruana – BIODAMAZ 74 págs.

**IIAP.** 2001. Vegetación. En: Zonificación Ecológica Económica del Área de Influencia de la Carretera Iquitos - Nauta. Informe Final. Tomo III Medio Biológico. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP), Agencia Española de Cooperación Internacional (AECI) & Consejo Transitorio de Administración Regional de Loreto (CTAR Loreto). Iquitos, Perú. Tipog. pp. 1-55 + Anexos, Cuadros 1 A 114 A.

**Josse, C.; G. Navarro; F. Encarnación; A. Tovar; P. Comer; W. Ferreira; F. Rodríguez; J. Saito; J. Sanjurjo; J. Dyson; E. Rubin de Celis; R. Zárate; J. Chang; M. Ahuite; C. Vargas; F. Paredes; W. Castro; J. Maco & F. Reátegui.** 2007. Sistemas Ecológicos de la cuenca amazónica de Perú y Bolivia. Clasificación y mapeo. 94 págs.

**Kubitzki, K.** 1989. The ecogeographical diferentiation of Amazonian inundation forests. Plant Systematics and Evolution 162, 285-304 p.

**Mardegan, S.; G. Bielefeld; N. Higuchi; M. Zacharias; & L. Martinelli.** 2009. Nitrogen availability patterns in white-sand vegetations of Central Brazilian Amazon. Trees (2009) 23:479–488 p.

**Moreno, C.** 2001. Métodos para medir la biodiversidad. M&T–Manuales y Tesis SEA, vol. 1. Zaragoza, 84 pp.

**Pennington, T.** 1990. Sapotaceae. Flora Neotropica Monograph XX. The New York Botanical Garden. Ney York E.U.A.

**Pennington, T.; C. Reynel & C. Daza.** 2004. Illustrated guide to the Trees of Peru. 848 págs.

**Phillips, O. & J. Miller.** 2002. Global Patterns of Plant Diversity: Alwyn H. Gentry's Forest Transect Data Set. Missouri Botanical Garden 89. St. Louis-USA. 319 págs.

**Pitman, N.; H. Mogollón; N. Dávila; M. Ríos; R. García; J. Guevara; T. Baker; A. Monteagudo; O. Phillips; R. Vásquez; M. Ahuite; M. Aulestia; D. Cardenas; C. Cerón; P. Loizeau; D. Neill; P. Núñez; W. Palacios; R. Spichiger & E. Valderrama.** 2008. Tree Community Change across 700 km of Lowland Amazonian Forest from the Andean Foothills to Brazil. BIOTROPICA 40(5): 525–535 p.

**Prance, G.** 1996. Islands in Amazonia. Philosophical Transactions. K. Soc. Lond. B (1996) 351, 823-833 p.

**Reserva Nacional Pacaya Samiria (RNPS).** 2004. Guía de Palmeras. Proyecto Araucaria Amazonas Nauta / Agencia Española de Cooperación Internacional. 69 págs. Iquitos-Peru.

**Reynel, C. & T. D. Pennington.** 1997. El Género *Inga* en el Perú. Morfología, Distribución y Usos. FRP. 229 págs.

**Ríos, M. & N. Dávila.** 2006. Composición Florística, estructura y Diversidad de un Bosque de Tierra Firme en la Estación Biológiva Quebrada Blanco, Río Tahuayo, Loreto-Perú. 65 págs. Tesis UNAP, en prensa.

**Ribeiro, J.; M. Hopkins; A. Vicentini; C. Sothers; M. Costa; J. Brito; M. De Souza; L. Martins; L. Lohmann; P. Assuncao; E. Pereira; C. Da Silva; M. Mesquita & L. Procópio.** 1994. Guía de identificação das plantas vasculares de uma floresta de terra-firme na Amazônia Central. Flora da Reserva Ducke. 799 págs.

**Ruokolainen, K. & H. Tuomisto.** 1998. Vegetación Natural de la Zona de Iquitos. En: Kalliola, R. Y S. F. Paitan (eds.). Geoecología y desarrollo Amazónico: estudio integrado en la zona de Iquitos, Perú. Annales Universitatis Turkuensis Ser A II 114:253-365 p.

**Spichiger, R.; J. Meroz; P. Loizeau & L. Stutz de Ortega.** 1990. Contribución a la flora de la Amazonía peruana. Los árboles del arborétum de Jenaro Herrera Vol I, Geneve 1990. 359 págs.

**Spichiger, R.; J. Meroz; P. Loizeau & L. Stutz de Ortega.** 1990. Contribución a la flora de la Amazonía peruana. Los árboles del arborétum de Jenaro Herrera Vol II, Geneve. 565 págs.

**Stropp, J.; P. Van Der Sleen; P. Assuncao; A. Da Silva & H. Ter-Steege.** 2011. Tree communities of white-sand and terra-firme forests of the upper Rio Negro: Acta Amazonica. Vol. 41(4) 521 – 544 p.

**Valderrama, E.** 2007. Estudio Florístico de los árboles en una hectárea de bosque colinoso en la Estación Experimental del Instituto Tecnológico de Nauta, Loreto, Perú. Tesis para optar el Título de Biólogo. UNAP. Iquitos-Perú. 183 págs.

**Van der Werff,** 1991. A key to the genera of Lauraceae in the new world. Ann Missouri Botanical Garden 78: 377-387 p.

**Vásquez, R.** 1997. Flórula de las Reservas Biológicas de Iquitos, Perú Missouri Botanical Garden Press. St. Louis - USA. 1046 págs.

**Vásquez, R. & R. Rojas.** 2004. Plantas de la Amazonía Peruana, Clave para Identificar las familias de Gymnospermae y Angiospermae. Arnaldoa Edición Especial. Enero 2004. Trujillo-Perú. 261 p.

**Vásquez, R.; R. Rojas & E. Rodríguez.** 2002. Adiciones a la Flora Peruana: especies nuevas, nuevos registros y estados taxonómicos de las Angiospermas para el Perú. Trujillo-Perú. Arnaldoa 9 (2): 43-110 p.

**Vicentini, A.** 2004. A vegetação ao longo de um gradiente edáfico no Parque Nacional do Jaú, p. 105-131. *In*: Borges, S.H.; Iwanaga, S.; Durigan, C.C. & Pinheiro, M.R. (Eds). Janelas para a biodiversidade no Parque Nacional do Jaú: uma estratégia para o estudo da biodiversidade na Amazônia. Manaus, Fundação Vitória Amazônica, WWF-Brasil, USAID, 275p.

**Zárate, R.; C. Amasifuen & M. Flores.** 2006. Floración y Fructificación de plantas leñosas en bosques de arena blanca y de suelo arcilloso en la Amazonía Peruana. Revista Peruana de Biología 13(1): 95 – 102.

**Zárate, R. & T. Mori.** 2012. Vegetación, informe temático. Proyecto Microzonificación Ecológica y Económica de la carretera Iquitos-Nauta. IIAP. Iquitos – Perú.

Anexo 1: Especies registradas por individuos, por subparcelas y parcelas para 2 ha de Varillal en Allpahuayo-Mishana, Loreto, Perú

| Familia | Especie | Parcela 13 de Febrero | | | | | | | | | | Total ind. | Total área basal (cm²) | Parcela Expetroleros | | | | | | | | | | Total ind. | Total área basal (cm²) | Total ind. | Total general basal (cm2) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | | | | |
| Anacardiaceae | *Tapirira guianensis* | | | | | | | | | | | | | | | 3 | | | 4 | 1 | 1 | | | 9 | 2385,87 | 9 | 2385,87 |
| Annonaceae | *Bocageopsis mattogrossensis* | | | | | | | | | | | | | 1 | | | | | | | | | | 1 | 135,08 | 1 | 135,08 |
| | *Diclinanona tessmannii* | | | | | | | | | | | | | 1 | | | | 1 | 1 | | 2 | 1 | | 6 | 688,00 | 6 | 688,00 |
| Apocynaceae | *Aspidosperma desmanthum* | | | | | | | | | | | | | | 1 | 3 | | 2 | | | | | | 6 | 4103,07 | 6 | 4103,07 |
| | *Aspidosperma excelsum* | | | | | | | | | | | | | 5 | 3 | 2 | 2 | 2 | | | 2 | 2 | 2 | 20 | 5904,33 | 20 | 5904,33 |
| | *Aspidosperma pichonianum* | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | | | 1 | 2 | 670,62 | 2 | 670,62 |
| | *Aspidosperma schultesii* | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | 1 | 4 | | | 6 | 2702,74 | 6 | 2702,74 |
| | *Macoubea guianensis* | 2 | | 1 | | | | | | | | 3 | 1112,35 | | 1 | | | | | | | | | 1 | 194,98 | 4 | 1307,34 |
| Aquifoliaceae | *Ilex* sp. 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | 1 | | | | | 2 | 206,28 | 2 | 206,28 |
| Araliaceae | *Dendropanax umbellatus* | 2 | 4 | 8 | 2 | | 3 | 5 | 3 | 5 | 2 | 34 | 4234,58 | 1 | 1 | 5 | | 10 | 7 | 4 | 4 | | 4 | 36 | 6611,37 | 70 | 10845,95 |
| | *Schefflera morototoni* | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 2 | | | | 2 | 793,59 | 2 | 793,59 |
| Arecaceae | *Mauritiella aculeata* | | | | | | | | | 2 | | 2 | 237,63 | | 6 | | | | | | | | | 6 | 808,42 | 8 | 1046,05 |
| | *Oenocarpus bataua* | | | | | | | | | | | | | 2 | | | | | | | | | | 2 | 679,79 | 2 | 679,79 |
| Bignoniaceae | *Jacaranda copaia* | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | | | | | | 1 | 100,29 | 1 | 100,29 |
| Bombacaceae | *Pachira brevipes* | 34 | 44 | 37 | 53 | 17 | 15 | 13 | 16 | 6 | 11 | 246 | 36554,72 | 5 | 12 | 12 | 6 | 10 | 6 | 8 | 8 | 4 | 6 | 77 | 15669,60 | 323 | 52224,32 |
| Burseraceae | *Dacryodes nitens* cf. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | | 1 | 86,66 | 1 | 86,66 |
| | *Dacryodes* sp. 1 | 1 | 1 | | | | | | | | | 2 | 326,57 | | | | | | | | | | | | | 2 | 326,57 |
| | *Protium subserratum* | | | | | | | | | | | | | 1 | | 1 | | | | 2 | | | 1 | 5 | 1156,71 | 5 | 1156,71 |
| Caesalpiniaceae | *Dicymbe uaiparuensis* | 5 | 9 | 16 | 15 | 5 | 16 | 22 | 17 | 2 | 1 | 108 | 20719,13 | 3 | 1 | 4 | 1 | 3 | 11 | 3 | 2 | 1 | 3 | 32 | 14328,40 | 140 | 35047,53 |
| | *Diplotropis purpurea* | | | | | | | | | | | | | | | | | 2 | 3 | 1 | | 2 | 1 | 9 | 5546,37 | 9 | 5546,37 |
| | *Jacqueshuberia loretensis* | 1 | | 2 | | 2 | | 1 | 2 | 2 | 1 | 11 | 1198,48 | | | | | | | | | | | | | 11 | 1198,48 |
| | *Macrolobium bifolium* | | | | | | | | | | | | | | | 3 | 3 | | | | | 3 | 4 | 13 | 3362,06 | 13 | 3362,06 |
| | *Macrolobium limbatum* | | | | | | | | | | | | | | | 1 | 1 | 3 | | | 1 | | | 6 | 978,25 | 6 | 978,25 |
| | *Macrolobium microcalyx* | | | | | | | | | | | | | 1 | | 1 | | | | | | 1 | | 3 | 838,04 | 3 | 838,04 |
| | *Macrolobium multijugum* cf. | | | | | | 1 | 1 | | | | 2 | 309,53 | | | | | | | | | | | | | 2 | 309,53 |
| | *Macrolobium suaveolens* | 1 | | 1 | | 6 | | | | | 1 | 9 | 935,16 | | 1 | | 1 | | | | | | | 2 | 444,06 | 11 | 1379,22 |
| | *Macrolobium suaveolens* cf. | | | | | | | | | | | | | | 2 | | | | | | | | | 2 | 247,56 | 2 | 247,56 |
| | *Tachigali bracteosa* | | | | | | | | | | | | | | 1 | | | | | 1 | 2 | | | 4 | 1259,89 | 4 | 1259,89 |
| | *Tachigali guianensis* | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | | | | | 1 | 121,04 | 1 | 121,04 |
| | *Tachigali loretensis* | | | | | | | | | | | | | 1 | | | | | | | | | | 1 | 130,53 | 1 | 130,53 |
| | *Tachigali paniculata* | | | | | | | | | | | | | 10 | 5 | 5 | | | 4 | 4 | | 1 | 1 | 30 | 22933,19 | 30 | 22933,19 |
| | *Tachigali paniculata* cf. | | | | | | | | | | | | | | 1 | | | | | | | | | 1 | 465,71 | 1 | 465,71 |
| Cecropiaceae | *Pourouma bicolor* | | | | | | | | | | | | | | | 1 | 2 | 1 | | | | | | 4 | 711,90 | 4 | 711,90 |

Anexo 1: (Continuación)

| Familia | Especie | Parcela 13 de Febrero | | | | | | | | | | Total | Total área | Parcela Expetroleros | | | | | | | | Total | Total área | Total | Total general |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | ind. | basal ($cm^2$) | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | ind. | basal ($cm^2$) | ind. | basal (cm2) |
| Chrysobalanaceae | Chrysobalanaceae sp. 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | | | | | 1 | 91,99 | 1 | 91,99 |
| | *Licania intrapetiolaris* | | | | | | | | | | | | | 1 | 3 | | | | | | | | | 4 | 1039,59 | 4 | 1039,59 |
| | *Licania lata* | | | | | | | | | | | | | | | 1 | 1 | | | | | | | 2 | 2122,81 | 2 | 2122,81 |
| | *Licania lata* cf. | | 1 | 1 | | | | | | | | 2 | 191,23 | | | | | | | | | | | | | 2 | 191,23 |
| Clusiaceae | *Calophyllum brasiliense* | 1 | | | | | | | 2 | | 2 | 5 | 618,86 | | 1 | | | | | | | | | 1 | 469,37 | 6 | 1088,23 |
| | *Calophyllum longifolium* | 1 | | | | 1 | 1 | | 2 | 1 | 5 | 11 | 1637,98 | | | | | | | | | | | | | 11 | 1637,98 |
| | *Calophyllum longifolium* cf. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | 1 | 471,81 | 1 | 471,81 |
| | *Caraipa utilis* | 28 | 35 | 36 | 32 | 39 | 31 | 35 | 40 | 51 | 40 | 367 | 166763,61 | | 2 | 3 | | 4 | 4 | 5 | 1 | | | 19 | 4257,32 | 386 | 171020,93 |
| | *Haploclathra cordata* | | | | | | | | | | | | | 19 | 17 | 15 | 12 | 11 | 3 | 6 | 18 | 11 | 12 | 124 | 65076,90 | 124 | 65076,90 |
| | *Tovomita calophyllophylla* | | | | | | | | | | | | | 1 | 4 | 2 | 5 | | | | | 2 | 2 | 16 | 6475,56 | 16 | 6475,56 |
| Combretaceae | *Buchenavia parvifolia* | | 1 | | | | | | | | | 1 | 98,04 | | 1 | | | 2 | | | | | | 3 | 881,05 | 4 | 979,09 |
| Ebenaceae | *Lissocarpa stenocarpa* | | | | | | | | | | | | | 1 | | | | 2 | | | | | | 3 | 318,62 | 3 | 318,62 |
| Elaeocarpaceae | *Sloanea floribunda* | | | | | | 1 | | | | | 1 | 104,86 | | | | | | | | | | | | | 1 | 104,86 |
| | *Sloanea spathulata* | 1 | | | 1 | 10 | | 1 | | 1 | 1 | 15 | 1839,76 | | | | | 1 | | 2 | 1 | | | 4 | 1410,41 | 19 | 3250,17 |
| Euphorbiaceae | *Hevea brasiliensis* | | | | | | | | 1 | | | 1 | 128,60 | | | | | | | | | | | | | 1 | 128,60 |
| | *Hevea guianensis* | 1 | 1 | 1 | | | | | | 2 | 1 | 6 | 676,82 | 5 | 2 | | | | | | | 1 | 1 | 9 | 3434,04 | 15 | 4110,86 |
| | *Micrandra elata* | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | | 1 | 148,51 | 1 | 148,51 |
| | *Micrandra siphonioides* | | | | | | | | | | | | | | | 1 | | | | | | | | 1 | 258,55 | 1 | 258,55 |
| Fabaceae | *Swartzia benthamiana* | | | | | | | | | | | | | | 1 | 1 | | | | | | | | 2 | 299,09 | 2 | 299,09 |
| | *Taralea oppositifolia* | | | | | | | | | | | | | | 1 | 4 | 1 | | 1 | 1 | 3 | 1 | | 12 | 24905,30 | 12 | 24905,30 |
| Humiriaceae | *Humiria balsamifera* | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | 6 | | | | 7 | 1374,78 | 7 | 1374,78 |
| Icacinaceae | *Discophora guianensis* | | | | | | | | | | | | | | 1 | | | | 1 | 1 | | 1 | 1 | 5 | 1817,24 | 5 | 1817,24 |
| | *Emmotum acuminatum* | | | | | | | | | | | | | | 1 | | | | | | 1 | | | 2 | 251,50 | 2 | 251,50 |
| | *Emmotum acuminatum* cf. | | | | | | | | | | | | | 1 | | | | | | | | | | 1 | 367,97 | 1 | 367,97 |
| | *Emmotum floribundum* | 1 | | 1 | | 3 | 1 | 1 | 3 | 1 | 3 | 14 | 6261,66 | | | 4 | | 2 | 3 | | 1 | | 1 | 11 | 4165,74 | 25 | 10427,40 |
| | *Metteniusa tessmanniana* | | | 1 | | | | | 2 | | | 3 | 400,81 | | | | | | | | | | | | | 3 | 400,81 |
| Lauraceae | *Licaria cannella* | | | | | | | | | | | | | | 1 | | | | 3 | 10 | | | | 14 | 2966,00 | 14 | 2966,00 |
| | *Ocotea aciphylla* | | | | | | | | | | | | | 1 | 1 | | 5 | | 2 | | | | | 9 | 3607,30 | 9 | 3607,30 |
| Linaceae | *Roucheria punctata* | | | 1 | | | | | | | | 1 | 166,20 | | 1 | | | 3 | 14 | | 2 | 1 | | 21 | 3712,90 | 22 | 3879,10 |
| | *Roucheria schomburgkii* | 3 | | 1 | | | | 1 | | | | 5 | 599,17 | | | | | | | | | | | | | 5 | 599,17 |
| Malpighiaceae | *Byrsonima stipulina* | | | | | | 1 | | | 1 | 3 | 5 | 454,88 | 2 | | | | 1 | | | 1 | | | 4 | 631,45 | 9 | 1086,33 |
| Mimosaceae | *Inga heterophylla* | | | | | | | | | | | | | 1 | | | | 2 | | | | | | 3 | 681,29 | 3 | 681,29 |
| | *Inga umbellifera* cf. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 2 | | | 2 | 4 | 2142,75 | 4 | 2142,75 |
| | *Parkia igneiflora* | 1 | | | | 1 | | | 1 | | 1 | 4 | 681,95 | 2 | 2 | 3 | | | 2 | 2 | | 2 | 1 | 14 | 6893,75 | 18 | 7575,70 |
| Moraceae | *Brosimum guianense* | | | | | | | | | | | | | 1 | | | | | | | | | | 1 | 93,62 | 1 | 93,62 |
| | *Brosimum rubescens* | | | | | | | | | | | | | 1 | 1 | | | | | | | | | 2 | 1711,95 | 2 | 1711,95 |
| | *Brosimum utile* cf. | | | | | | | | | | | | | | 1 | | | | | | | | | 1 | 277,01 | 1 | 277,01 |

Anexo 1: (Continuación)

| Familia | Especie | Parcela 13 de Febrero | | | | | | | | | | Total | Total área | Parcela Expetroleros | | | | | | | | | | Total | Total área | Total | Total general |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | ind. | basal (cm²) | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | ind. | basal (cm²) | ind. | basal (cm2) |
| Myrtaceae | *Calyptranthes* sp. 1 | | | | | | | | | | | | | | | 1 | | | | | | 2 | | 3 | 1100,99 | 3 | 1100,99 |
| | *Eugenia* sp. 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | | | | 1 | 127,32 | 1 | 127,32 |
| | *Marlierea caudata* | | | | | | | | | | | | | 2 | 6 | 4 | 10 | 5 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 36 | 13222,00 | 36 | 13222,00 |
| | *Marlierea* sp. 1 | 1 | | | | | | | | | | 1 | 130,53 | | | | | | | | | | | | | 1 | 130,53 |
| Nyctaginaceae | *Neea macrophylla* | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | 1 | 104,86 | 1 | 104,86 |
| | *Neea* sp. 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 2 | 2 | 319,33 | 2 | 319,33 |
| Olacaceae | *Curupira* sp. 1 | | | | | | | | | | | | | | 1 | | | | | | | | | 1 | 96,93 | 1 | 96,93 |
| Rosaceae | *Prunus rotunda* | | | | | | | | | | | | | 2 | | | | | 2 | | 2 | | | 6 | 3855,56 | 6 | 3855,56 |
| Rubiaceae | *Duroia* sp. 1 | | | | 1 | | | | | | | 1 | 97,48 | | | | | | | | | | | | | 1 | 97,48 |
| | *Ferdinandusa chlorantha* | | | | | | | | | | | | | | 1 | | | | | | | | | 1 | 221,85 | 1 | 221,85 |
| | *Ferdinandusa loretensis* | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | 1 | 198,94 | 1 | 198,94 |
| | *Ladenbergia magnifolia* | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | | | | 1 | 198,94 | 1 | 198,94 |
| | *Pagamea coriacea* cf. | | | | | | | | | | | | | | 2 | 4 | | 2 | | | 1 | 1 | 1 | 11 | 3292,53 | 11 | 3292,53 |
| | *Rubiaceae* sp. 1 | 1 | | 1 | | | | | | | | 2 | 794,95 | | | | | | | | | | | | | 2 | 794,95 |
| Sapindaceae | *Cupania diphylla* | | | | | | | | | | | | | | 1 | | | | | | | | | 1 | 87,19 | 1 | 87,19 |
| Sapotaceae | *Chrysophyllum sanguinolentum* | | | | | | | | | | | | | 4 | 2 | 3 | | 1 | 1 | 1 | 2 | | 3 | 17 | 5256,18 | 17 | 5256,18 |
| | *Micropholis egensis* | 1 | | | | 1 | | | 1 | | | 3 | 1159,30 | 1 | | 2 | | 1 | 2 | 2 | 3 | 2 | | 13 | 6879,83 | 16 | 8039,13 |
| | *Micropholis guyanensis* | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | | | | | | | 1 | 387,70 | 1 | 387,70 |
| | *Micropholis* sp. 1 | | | | | | | | | | | | | | 1 | | | | | | | | | 1 | 803,75 | 1 | 803,75 |
| | *Micropholis venulosa* | | 1 | | | | | | | | | 1 | 223,53 | 2 | 1 | 2 | 2 | | | 1 | 4 | 3 | | 15 | 3348,58 | 16 | 3572,11 |
| | *Pouteria bangii* | | | | | | | | | | | | | | | | 5 | | | 1 | | | 1 | 7 | 1223,76 | 7 | 1223,76 |
| | *Pouteria lucumifolia* | | 1 | | | | | | | | | 1 | 114,91 | | | | 1 | | | 1 | | | 2 | 4 | 3753,60 | 5 | 3868,51 |
| | *Pouteria oblanceolata* | | | | | | | | | | | | | | 1 | | | | | | | | | 1 | 172,07 | 1 | 172,07 |
| | *Pouteria rostrata* | 1 | | | | | | | | | | 1 | 237,23 | | | 1 | | | | | | 1 | | 2 | 646,66 | 3 | 883,89 |
| | *Pouteria* sp. 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | 1 | 2044,83 | 1 | 2044,83 |
| Simaroubaceae | *Simaba guianensis* | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | 1 | | | | | | 2 | 416,47 | 2 | 416,47 |
| | *Simaba* sp. 1 | | | | | 1 | | | | | | 1 | 121,04 | | | | | 1 | | | | | | 1 | 175,79 | 2 | 296,82 |
| | *Simarouba amara* | | | | | | | | | | | | | | | 1 | 1 | | | | | | | 2 | 1858,63 | 2 | 1858,63 |
| Theaceae | Ternstroemia klugiana | | 4 | 1 | | 3 | | | 1 | 1 | | 10 | 1263,88 | | 1 | 4 | 5 | | | | | 1 | 1 | 12 | 4677,57 | 22 | 5941,45 |
| Tiliaceae | Lueheopsis althaeiflora | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | | | | | | 1 | 1887,25 | 1 | 1887,25 |
| Indeterminado | Indeterminado | | | | | | | | | | | | | | | 1 | | 1 | 1 | 2 | 2 | 1 | | 8 | 4516,97 | 8 | 4516,97 |
| Total | | 87 | 102 | 109 | 104 | 87 | 72 | 80 | 90 | 75 | 73 | 879 | 250395,43 | 78 | 93 | 98 | 66 | 77 | 81 | 74 | 70 | 49 | 60 | 746 | 297496,59 | 1625 | 547892,01 |

# Instrucciones a los autores

## PERFIL EDITORIAL

***Arnaldoa*** es una publicación abierta a trabajos científicos originales y revisiones de botánica pura o aplicada en sus diversas áreas: Sistemática y taxonomía de plantas avasculares y vasculares, morfología, citología y genética, corología y ecología, etnobotánica, biología reproductiva, estructura y desarrollo, microbiología y parasitología, ficología, micología, zoología. Así mismo, se consideran trabajos que incluyan obituarios de personalidades botánicas importantes, avances, notas científicas o noticias pertenecientes a la Historia Natural, entre otros.

### La edición de los artículos se efectuará en 4 etapas:

1) Evaluación de la calidad y presentación del manuscrito original a cargo del Comité Editorial Principal; los artículos que no se ajusten a las normas editoriales serán devueltos antes de evaluar su contenido.

2) Evaluación del fondo o contenido del manuscrito a cargo de 2 árbitros anónimos no pertenecientes al equipo editorial; posteriormente, se informará al autor el resultado de la evaluación (aceptación, correcciones a introducir en el texto o su rechazo)

3) Evaluación de la forma o corrección de estilos a cargo del comité de editores principales y asociados

4) Revisión de las pruebas de imprenta a cargo del autor y el editor. Se recomienda a los autores poner énfasis en la redacción, sintaxis, ortografía, citas y referencias bibliográficas, nombre científicos y abreviaturas de los autores.

La extensión será de hasta 20 páginas impresas, incluidas figuras y tablas; la dirección de la revista considerará posibles excepciones.

## PAUTAS DE ESTILO

### 1. Instrucciones generales

- Los manuscritos podrán ser escritos en lengua castellana, portuguesa o inglesa (consultar al comité sobre otras posibilidades) en letra Times New Roman a 12 puntos, doble espacio, con márgenes de 2,5 cm, en una sola cara de la hoja tamaño A4. Numerar páginas e ilustraciones.

-Se enviarán tres copias impresas de los originales a la redacción de la revista. En esta instancia, se incluirán sólo buenas copias de las ilustraciones (no los originales). Una vez aceptado el trabajo, debe ser enviado en un Cd.

-En la medida que sea posible, se ordenará el trabajo en: Introducción, Material y Métodos, Resultados, Discusión, Agradecimientos, Literatura citada.

### 2. Estilo

- Se alineará el texto a la izquierda, sin sangrías, centrados o justificados, evitando subrayados, cursivas, (excepto para los nombres científicos) y, en lo posible, llamadas a pie de página.

-Las palabras deberán ir separadas por un sólo espacio.

- En caso de que hubiera tablas o cuadros, comenzarlos en páginas separada, con un corte de página. Se citarán las figuras y tablas en el texto (Fig.1).

- Los patronímicos (en autores, referencias bibliográficas, siglas, material estudiado) irán en minúsculas.

- Las citas en idiomas extranjeros y nombres vernáculos llevarán comillas.

- Los taxones genéricos e infragenéricos se escribirán en cursiva; las siglas serán citadas solamente la primera vez que se las menciona.

### 3. Primera página

- El título deberá ser breve y conciso, escrito con minúsculas y sin punto final. Si corresponde, entre paréntesis se incluirá el nombre de la Familia o División. Se sugerirá un título abreviado para la cabecita o titulillo.

- Se citará a continuación el o los autores e, inmediatamente por debajo, se indicará lugar de trabajo, dirección postal y electrónica.

- Se acompañará un resumen en castellano y otro en inglés (abstract), que no superen las 250 palabras, escritas en un párrafo independiente. Tanto el resumen y el abstract consisten en un único párrafo (sin puntos aparte). En ambos resúmenes se añadirán hasta 10 palabras claves complementarias del título.

### 4. Abreviaturas

- Los autores de los taxones deben ser abreviados de acuerdo con "Authors of Plant Names" (Brummit & Powell, 1992) o en la web:

  http://cms.huh.harvard.edu/databases/botanist_index.html

- Los libros se abrevian de acuerdo con "Taxonomic Literature", 2da Edición; las publicaciones periódicas según B-P-H ("Botanico-Periodicum - Huntianum", 1969) y P-P-H/S ("Botanico-Peridicum-Huntianum/ Suplementum", 1991), ambas en la web:

http://cms.huh.harvard.edu/databases/publication_index.html

- Los herbarios se abrevian según "Index Herbariorum" (Holmgren *et al*., 1990), 8va edición o en la web:

http://207.156.243.8/emu/ih/index.php y debe estar ordenados alfabéticamente.

- Las unidades de medida, los acrónimos y los puntos cardinales no llevarán punto.

## 5. Tratamientos taxonómicos

***5.1. Las claves serán dicotómicas.***

***5.2. Descripción de especies nuevas:***

Previa a la descripción, se colocará el nombre, en negrita y cursiva, seguido por el nombre o sigla del autor; a continuación se indicará el tipo de novedad que se propone (sp. nov., comb. nov., entre otras). Al final se deberá hacer referencia a la ilustración, si existiera (ver ejemplo). Luego, se comenzará indicando el material tipo, y entre paréntesis la sigla (o siglas) del herbario (s) donde se halla (n) depositado (s).

Ejemplo:

***Larnax macrocalyx*** S. Leiva, E. Rodr. & Campos sp.nov. (Fig. 2)

TIPO: PERÚ. **Dpto. Cajamarca**. Prov. San Ignacio: Distrito Tabaconas, caserío La Bermeja, bosque de neblina La Bermeja, La Bermeja Huaquillo, 1700-1940 m, 20-XI-1997, *E. Rodríguez & R. Cruz 2052* (Holótipo: HUT; Isótipos: AMAZ, CONN, CORD, F, HAO, HUT, M, MO, MOL, NY, USM).

A continuación, se comenzará en párrafo aparte, la diagnosis latina en cursiva, o en idioma inglés.

En párrafo aparte, se escribirá la descripción detallada en idioma vernáculo, seguido en párrafos aparte: nombre vulgar, especimenes adicionales examinados, comparación con las especies afines, distribución y ecología, fenología, etimología, usos.

Nota: Los taxones nuevos para la ciencia deben estar ilustrados, sobre todo en lo que respecta a sus caracteres diagnósticos y en lo posible un mapa de distribución y claves taxonómicas.

***5.3. Especies ya descritas:***

Se consignará el nombre de la especie (en negrita y cursiva) seguido por el nombre o sigla del autor(es) y la cita bibliográfica; a continuación se colocará el basiónimo si correspondiera. Seguirán inmediatamente los datos del material TIPO, empleando signos de admiración si el material fue visto o revisado (Ej. NY !). Luego se citará la figura (Fig). En párrafo aparte se indicarán los sinónimos. Ejemplo:

*Nasa carunculata* (Urb. & Gilg) Weigend, comb. nov., Arnaldoa 5(2), 1998. Basiónimo: *Loasa carunculata* Urb. & Gilg, Nova Acta Caes. Leop. Carol. German. Nat. Cur. 76: 243-1900.

TIPO: PERU: [Prov. Desconocida] Lobb 358 (Holótipo: K!, fotografía F!, neg. nr. 495).

= *Loasa vestita* Killip, Journ. Wash. Acad. Science 19: 194, 1929. TIPO: PERU. **Dpto. Ayacucho**, Prov. Huanta, al Norte de Huanta, cerca de Huayllay, 3500-3600 m, *Weberbauer 7591* (Holótipo: US!; Isótipos: K!, F!, NY!, BM! S!, MO!).

En párrafo aparte, se escribirá la descripción detallada en idioma vernáculo, seguido en párrafos aparte: nombre vulgar, especimenes adicionales examinados, comparación con las especies afines, distribución y ecología, fenología y usos. Etimología es solo para especies nuevas.

## 6. Especímenes adicionales examinados

- Si el material examinado es abundante, se citaran solamente los ejemplares más representativos (por su fenología, distribución, entre otros) en el texto.

- En el texto, los especimenes se citarán luego de la descripción, de acuerdo al siguiente orden: PAÍS (en mayúsculas). Departamento/ Estado (Dpto./Edo. en negrita), provincia, localidad, altitud (m), fecha (el mes en números romanos: 10 - XII - 2005), colector y número de colección (en cursiva). Seguidamente se indicará entre paréntesis la sigla del o de los herbarios donde se hallan los ejemplares. Finalmente, y entre comillas se anotaran las observaciones del colector. Se separarán los ejemplares contiguos mediante punto y guión. Las grandes unidades geográficas tales como continentes o subcontinentes serán separadas; dentro de ellas, los países se ordenarán de norte a sur y de oeste a este, constituyendo cada uno un párrafo independiente.

- Los Estados, Departamentos y Provincias de un mismo país se ordenarán alfabéticamente y se agruparán en párrafos. Ejemplo:

PERÚ. **Dpto. Amazonas**, Prov. Chachapoyas: Leymebamba, alrededores de Laguna de los Cóndores, 2500-2700 m, 16-VIII-1998, *V. Quipuscoa et al. 1241* "abundante", (CONN, CORD, F, HAO, HUT, MO).

## 7. Literatura citada

- Se incluirán sólo las publicaciones de los trabajos mencionados en el texto.

- Los autores se escribirán en negrita y se ordenarán alfabéticamente; si existieran varios trabajos del mismo autor, se citarán en orden cronológico, adjuntando las letras a, b, c, cuando corresponda.

- Si el número de autores es mayor de dos, agregar *et al.* al primero de ellos cuando sean citados en el texto; sin embargo, todos los autores deberán figurar en la bibliografía general.

- Las citas en el texto se efectuarán según los siguientes modelos: Weigend (1998); según Weigend (1998); Weigend

(1998:162); (Weigend, 1998); Weigend (1998, 2002); Weigend & Rodríguez (2002); Weigend & Rodríguez (2002: 07); (Weigend & Rodríguez, 2002); Weigend *et al*., 1998; (Weigend *et al*., 1998) cuando son 3 o más autores.

Ejemplos:

**D'Arcy, W. G**. 1986. The genera of solanaceae and their types. Solanaceae Newsletter 2(4): 10-33.

**Hunziker, A. T.** 1979. Estudio sobre Solanaceae: A synoptic survey, pages: 49-85. *in* J. C. Hawkes, R. L. Lester & A. D. Skelding, editors. Solanaceae Biology and Taxonomy Academic London Press. London.

**Mione, T. & F. G. Coe.** 1992. Two new combina-tions in peruvian *Jaltomata* (Solanaceae). Novon 2: 383-384.

**Weigend, M. & E. Rodriguez.** 1998. Una nueva especie de *Mentzelia* (Loasaceae) procedente del Valle Marañón en el Norte del Perú. Arnaldoa 5(1): 51-56.

## 8. Ilustraciones

- Las fotografías, dibujos, mapas, gráficos, entre otros, individuales o agrupados se tratarán como figuras (abreviatura: Fig.).

- Irán en negrita y se enumerarán consecutivamente con números arábigos, siguiendo el orden con que aparecen en el texto. Cada uno de los elementos será identificado con letras mayúsculas de izquierda a derecha y de arriba hacia abajo; seleccionar el tamaño de las letras de modo que, reducidas al formato (caja) de la revista, midan 3mm.

- Las dimensiones se indicarán mediante escalas; se recomienda que todas las escalas de una ilustración se ubiquen en la misma posición preferentemente a la derecha (vertical u horizontal).

- Todas las ilustraciones deben ser de calidad; las fotografías deben ser a color o en blanco y negro, en papel liso (brillante) o digitalizados en alta resolución (mayor a 300 dpi o ppp, archivos TIF o JPG), y buen contraste; si varias fotografías componen una figura, se las separará mediante un filete blanco que, reducido al tamaño de la caja, no supere de 1mm de ancho.

- Presentar dibujos y mapas en tinta china o impresos en láser; los mapas tendrán el norte (N) hacia arriba, con al menos dos marcas de latitud y de longitud y una escala en kilómetros. Se recomienda especialmente para trabajos anatómicos y morfológicos evitar repetir dibujos de cortes con micrografías; sólo en casos conflictivos podrá existir esta doble documentación. Así mismo, los esquemas diagramáticos deberán respetar estrictamente el plano del corte.

- No se deberá reunir en una misma figura fotografías y dibujos.

- El tamaño máximo de las ilustraciones (incluidas las leyendas) es el del formato del texto (caja), o sea 20cm, (alto) x 14cm (ancho); de ser mayores, para reducirlas, se deberá respetar la misma proporción.

- También se aceptan medias láminas transversales y/o verticales, las que deberán respetar el ancho del formato (caja). Indicar las medidas mediante escalas.

- Las leyendas de las ilustraciones se anotarán en hoja aparte, indicando el nombre del material ilustrado y su número de referencia.

- Las figuras deberán ser montadas sobre cartón (apenas adheridas, para que puedan despegarse) y protegidas con papel transparente; en el dorso del soporte deberán anotarse el número de la figura, el nombre del autor y el título abreviado del trabajo.

- Las ilustraciones originales deberán ser enviadas junto con la versión definitiva del manuscrito.

Énfasis en las tablas, Cuadros, los mismos que debe ser realizados en Excel o afines.

## 9. Separados

Cada autor recibirá un ejemplar de la revista, además, podrá solicitar a su cargo números adicionales, en el formulario impreso que se le hará llegar junto con la aceptación del trabajo.

Dirigir correspondencia a:

Revista ***ARNALDOA***
Museo de Historia Natural
Universidad Privada Antenor Orrego
Casilla Postal 1075
Av. América Sur N° 3145
Urb. Monserrate, Trujillo PERÚ
Telf. +51(044) /604432
email: museo@upao.edu.pe

La Revista ***ARNALDOA*** correspondiente al segundo semestre del año 2012, se terminó de imprimir el mes de Abril del 2013 en los talleres gráficos de Inversiones Gráfica G & M. S.A.C., Calle San Martin 672-674, Trujillo Perú. Teléfono 044-223347

littonseo4@hotmail.com

195 Efecto del Glifosato a diferentes concentraciones y tiempos de exposición sobre el índice mitótico y de fases en células meristemáticas de ápices radiculares de *Allium cepa* L / *Effect of glyphosate at different concentrations and exposure times on the mitotic index and phase in meristematic cells of root tips of* Allium cepa *L*

*JOSÉ L. CASTILLO ZAVALA, IRENE C. JULCA CHÁVEZ, JOSÉ M. CASTILLO ZAVALA, JORGE E. CASTRO SILUPÚ & JOSÉ A. SALDAÑA JIMÉNEZ.*

203 Análisis de los granos de polen de plantas melíferas de los alrededores de Trujillo, Perú / *Analysis of pollen grains of honey plants around Trujillo, Peru*

*ALEJANDRO FERNÁNDEZ HONORES & ERIC F. RODRÍGUEZ RODRÍGUEZ*

211 Composición florística, diversidad y estructura de los Bosques sobre arena blanca de la Reserva Nacional Allpahuayo-Mishana, Loreto - Perú / *Floristic composition, diversity and structure of white sand forest from the Allpahuayo-Mishana National Reserve, Loreto, Peru*

*RICARDO ZÁRATE GÓMEZ, TONY J. MORI VARGAS & LUIS A. VALLES PÉREZ*

Missouri Botanical Garden Library
3 1753 00403 8037

Revista del Museo de Historia Natural

# ARNALDOA

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO

Volumen 19 (2)

Julio- Diciembre 2012

## Contenido / Contents

Pág. ARTÍCULOS ORIGINALES

133 Floraciones de especies del género *Romeria*: nuevos registros para la flora cianobacterial peruana / *Species waterblooms of the genus* Romeria*: new records for the Peruvian cyanobacterial flora*

*HAYDEE MONTOYA T., JOSÉ GÓMEZ C. & MAURO MARIANO A.*

141 *Vochysia moskovitsiana* (Vochysiaceae), una nueva especie de los bosques Andino-Amazónicos de Perú, Ecuador y Colombia / Vochysia moskovitsiana *(Vochysiaceae), a new species of Andean-Amazonian forests from Peru, Ecuador and Colombia*

*ISAU HUAMANTUPA*

149 *Gentiana sirensis* (Gentianaceae), a new species from Cordillera El Sira, Peru / Gentiana sirensis *(Gentianaceae), nueva especie de la Cordillera El Sira, Perú*

*JAMES S. PRINGLE*

155 Morphology and anatomy of the seedlings of Malvaceae weed species / *Morfología y anatomía de las plántulas de especies dañinas de Malvaceae*

*GRACIELLI DE OLIVEIRA SANTOS, LUIZ ANTONIO DE SOUZA, ADRIANA LENITA MEYER ALBIERO & ISMAR SEBASTIÃO MOSCHETA*

167 Composición floristica y estructura de los bosques secos de la Provincia de Loja, Ecuador / *Composition floristic and structure of the dry forests of the Province of Loja, Ecuador*

*ZHOFRE AGUIRRE MENDOZA, YNOCENTE BETANCOURT F. & GRETEL GEADA L.*

177 Inventario Florístico de Huaca de la Luna, Trujillo, Perú / *Floristic inventory of Huaca de la Luna, Trujillo, Peru*

*ERIC F. RODRÍGUEZ RODRÍGUEZ &MARGARITA MORA COSTILLA*

189 Influencia de la salinidad y Nitrato de Sodio en la producción de biomasa en *Tetraselmis* sp (Chlorodendraceae) / *Influence of salinity and sodium nitrate in the production of biomass in* Tetraselmis sp *(Chlorodendraceae)*

*CÉSAR A. GROSSO GAMBOA & ELOY LÓPEZ MEDINA*

*Continúa En El Interior De La Cubierta / Continued On Inside Back Cover*